tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 59 nr. 1 1994

nederlands electronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Het genootschap is lid van de Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (Eurel).

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspodentie-adres tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt *f* 60,- per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijfmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie.

Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de voorzitter of een lid van de redactiecommissie.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt *f* 60,-.
Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd. Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

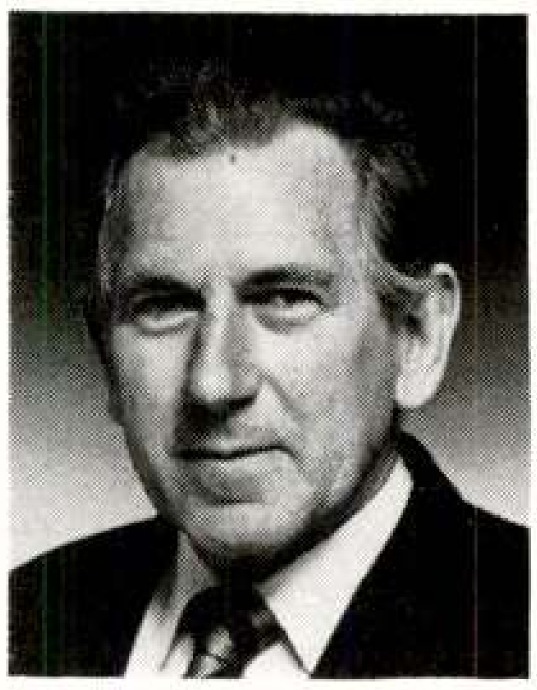
ONDERWIJSCOMMISSIE

COST TELECOMMUNICATIONS

Joseph M. Dwyer
Chairman,
COST Technical Committee Telecommunications (TCT)

Abstract

COST, European Co-operation in the field of Scientific and Technical Research, was established in 1971 as a framework for the preparation and implementation of European projects including applied scientific research. Activities in telecommunications now constitute approximately one quarter of all COST activities and currently are being progressed via a total of 24 COST telecommunications projects. The nature of COST and COST telecommunications activities are described and a summary given of the past achievements of COST in the telecommunications area. The objectives of the 24 COST telecommunications projects currently operational are outlined as well as the three new projects which will commence in early 1994. The relationship between COST Telecommunications and other European bodies is referred to, and the possibility for participation in COST telecommunications projects from the countries of Eastern Europe explored.



1. Introduction

COST, European Co-operation in the field of Scientific and Technical Research, currently comprises 25 European countries, which are the twelve member countries of the European Community and Austria, Croatia, Czech Republic, Finland, Hungary, Iceland, Norway, Poland, Slovakia, Slovenia, Sweden, Switzerland and Turkey. Each of these countries enjoys the same rights and privileges within COST. In addition the European Community as an entity participates in some COST projects and generally supports COST. The COST Secretariat is provided by the General Secretariat of the Council of the European Communities, with technical and scientific support from the Commission of the European Communities.

The COST Committee of Senior Officials (CSO) is a permanent body with the function of the overall management of COST. It is composed of the representatives of the 25 COST member countries and a representative of the Commission of the European Communities. It has responsibilities in regard to the development, approval and monitoring of COST projects.

The COST Technical Committee Telecommunications (TCT) which works to the CSO is composed of representatives from the COST member countries, drawn from telecommunications administrations and operating companies, telecommunications research and development bodies, and the universities. Its secretariat is provided by the Commission of the European Communities (DG X111B) and it meets on average three times each year. The Technical Committee Telecommunications has responsibilities in respect of the preparation, implementation, evaluation and monitoring of COST telecommunications and teleinformatics projects. In this regard it is responsible for identifying subject areas for new projects, developing and evaluating new project proposals, monitoring project progress and generally seeking to progress collaborative research and development activities which would contribute to the development of European telecommunications networks, services, facilities and equipment. On the completion of a project it performs an internal evaluation of the project, ascertaining how the original project objectives were met.

2. Nature of cost projects

COST is in effect an international association with an objective, set of rules, and a number of jointly determined obligations. The activities are pursued by means of the implementation of individual self contained COST projects, each one dealing with a particular technological area. For each individual COST project the form of co-operation is defined in a simple purpose-built agreement called a Project Memorandum of Understanding (MOU) which is signed by the project participants and constitutes the basic document describing the objectives and nature of the project.

Basically a COST telecommunications project is characterised by a combined co-operative attack on a research area of common interest by participants from a number of European countries, and a minimum of five, and the exchange of the project results among the participants. Thus it is possible to achieve more efficient use of the resources available for research in a number of countries, and also to obtain more interaction between the researchers in the various countries. Each project participant finances its own share of the project activities and in general no funds cross frontiers.

Funds are available from the COST fund for limited support to COST telecommunications projects, and these funds are administered for COST by the Commission of the European Communities (DG X111B). These funds are used to provide the secretariat facilities for the project, to reimburse travel and subsistence for Project Management Committee meeting attendance under specified rules, to support services and workshops organised by the project and to pay for the cost of publications issued by the project. The fund currently available comes to about 2 million ECU per annum for all the operational COST telecommunications projects.

COST telecommunications projects in general aim to promote basic applied scientific and technical research and are in the nature of pre-competitive research, falling somewhere between fundamental research and development work aimed at defining new products. There is however a flexibility within the COST framework which allows a variation in the position of COST projects over this range, with some projects tending to be near to fundamental research and other close to the development of new products, and some others mainly devoted to co-ordination type activities.

Usually COST projects are used to progress and co-ordinate research programmes, either existing or proposed, at a European level, dealing with problems and activities of a basic type which fall under the following headings:

- problems which are intrinsically of an international dimension;
- problems which exhibit similarities for a number of countries and where these are amenable to combined actions;
- problems which when solved provide inputs for harmonisation at the European level.

The technical subject areas of COST projects fall into a number of sectors or research areas. Research Area No. 2 is Telecommunications and thus COST telecommunications projects are numbered in sequence 201, 202, etc. in the 200 series.

3. Development of cost telecommunications projects

The COST Technical Committee Telecommunications (TCT) plays a major role in the development of new COST projects in the telecommunications and teleinformatics area. The Committee continually examines the requirements and the possibilities and initiates actions where considered appropriate. Specific proposals for new projects are considered by the Committee and subject to its approval. The Committee is then responsible for sending on a Memorandum of Understanding (MOU) for the project to the COST Committee or Senior Officials for final approval.

The approved project is made available for participation by interested countries and it is ready to become operational when at least five countries have signified their intention to participate. The representatives of the participating countries arrange for their countries to officially join the project by signing the project Memorandum of Understanding. The Commission of the European Communities then arranges for the first meeting of the Project Management Committee to which representatives from all COST member countries are invited. Countries which did not join a project at its commencement may join it within six months of commencement without reference to the Project Management Committee, and thereafter with the agreement of the Management Committee.

The Technical Committee Telecommunications employs various methods in its task of developing concepts and proposals for new telecommunications and tele-informatics projects. Seminars and special meetings are held from time to time to which appropriate experts are invited. Also the Chairman of the Committee and other Committee members attend seminars, conferences and meetings to explain the concept and possibilities of COST actions, and to identify potential COST projects.

The Committee sets up from time to time special working parties in order to assist it in its task of identifying and developing COST projects in specific technology areas. Two such working parties were active in recent years, the Working Party on Project Development in the Satellite Communications Area and the Working Party on Project Development in the Tele-informatics Area.

When the Technical Committee Telecommunications (TCT), considers that a proposal for a particular project has sufficient merit to warrant further development of the proposal, and later the production of a draft Project Memorandum of Understand (MOU) for future examination by the Committee, it assigns a provisional COST project number, and appoints a coordinator for the development of the proposed project. The Coordinator is assigned the role of arranging for the evolution of the specific proposal taking into account various inputs received, the production of the draft Project Memorandum of Understanding (MOU), ascertaining and encouraging interest in participation in the project from among the relevant experts and entities in the various COST countries, being the contact person for information on the project concept, proposal and expected work programme, and generally fostering in various ways the development of the proposed project up to the commencement of project operations.

4. Operation of COST projects

Participation in a COST project is on a country basis and the project Memorandum of Understanding is signed by a representative of the Government of the country. The actual participant or participants in the project from within a particular country is a matter for the appropriate Government department or agency, which has been given overall responsibility for COST matters.

In many cases the project participants have in practice been identified or made themselves known by the time project operations commence. They may have been actively involved in the formulation and development of the project proposal via membership of a special working party or otherwise, or have been in contact with the Co-ordinator for the proposed project, or by other means have become interested in the proposed project. Thus at or before the time the approved project is made available for participation by intended countries, these potential participants make the responsible authorities in their particular countries aware of their interest in joining the project.

Because of the nature of COST telecommunications projects it follows that the project participants are mostly drawn from telecommunications administrations and operating companies, and agencies, institutes and research centres belonging to the public sector and the universities, but there is also participation from industry although this is somewhat limited.

Each project has a Management Committee (MC) which is responsible to project signatories for the management of the project and its tasks include the following:

- the selection of the research work;
- the detailed planning of programmes;
- the exchange of information on current research and on the results of the project;
- coordination with other projects both within COST and external to it;
- the consideration of proposals for project amendment or extension;
- the preparation of interim and final project reports.

Typically a Management Committee is composed of one or two members from each signatory country, with a Chairman being one of the members elected by the committee, and a Secretary. The committee meets on average two to four times a year, and may have working to it sub-committees, working parties or task forces, in order to progress, programme and co-ordinate the activities of the project.

The Secretariat of a COST Telecommunications Project is funded from the COST Fund, and is provided either by the COST Telecoms Secretariat located in DG X111 B of the Commission of the European Communities in Brussels, or by a so called external Secretariat contracted for this purpose. Because of the limited staff currently in the COST Telecoms Secretariat, most of the Projects at present have external Secretariats.

For each year the Project Management Committee provides a Work Plan and an associated Financial Plan. The Work Plan outlines the significant events proposed for the year, including meetings, seminars, workshops and publications. The Financial Plan gives a budget for requirements to be funded by the COST Fund. These Plans are produced by October of the previous year and form the basis for the overall request for funding for COST Telecommunications Activities from the COST Fund.

The COST Technical Committee Telecommunications (TCT) holds a special meeting about June of each year at which the Chairmen of the Management Committees of telecommunications projects report to and discuss with the Technical Committee Telecommunications on the progress of their projects, and discuss such matters as problem areas, methods of working, the establishment of priorities, the work programme for the next year, the need for project change or direction or prolongation, and the attainment of the various project objectives. In addition ideas or proposals for future COST telecommunications projects are discussed. The meeting also serves to deal with matters of general co-ordination between the various projects.

With the increase during recent years in the number of COST telecommunications projects being implemented, more specific coordination is now required between some projects, where project technologies converge

or impact, in order to avoid duplication of effort, and to facilitate the timely transfer of useful inputs between projects. This co-ordination is effected in a number of ways, and involves regular contacts between the Chairmen of the Management Committees of the particular projects, and in some cases the holding of special or regular Project Coordination meetings.

5. Projects Implemented

Telecommunications project activity was quite limited during the early years of COST but the number and range of projects have increased in recent years. A total of 25 COST telecommunications projects have been implemented to date and these are listed below.

COST 25/1:	Aerial Network with Phase Control (November 1971 - April 1977)
COST 25/2:	Aerials with Reduced Side Lobes and Maximum G/T Yield (November 1971 - December 1976)
COST 25/4:	Influence of Atmospheric Conditions on Electromagnetic Wave Propagation at Frequencies above 10 GHz (November 1971 - October 1978)
COST 211:	Redundancy Reduction Techniques for Visual Telephone Signals (March 1977 - March 1982)
COST 202:	Digital Techniques in Local Telecommunications Networks (Dec. 1979 - Dec. 1982).
COST 201:	Methods for Planning and Optimisation of Telecommunications Networks (Dec. 1979 - Dec. 1983)
COST 204:	Phased Array Antennas and Their Applications (July 1989 - July 1984)
COST 208:	Optical Fibre Communications Systems (Dec. 1977 - Feb. 1984)
COST 205:	Influence of the Atmosphere on Radiopropagation on Satellite - Earth Paths at Frequencies above 10 GHz (July 1980 - July 1985)
COST 214:	Methods for the Planning and Evaluation of Multiservice Telecommunications Networks (Feb. 1985 - Feb. 1988).
COST 209:	Man Machine Communications by Means of Speech Signals (April 1984 - April 1988)
COST 207:	Digital Land Mobile Radiocommunications (March 1984 - September 1978)
COST 213:	Antennas in the 1990s: Electronically Steered Antennas for future Satellite and Terrestrial Communications (October 1984 - December 1988)
COST 202 BIS:	Wideband Digital Local Telecommunications Networks (April 1984 - April 1989)
COST 215:	High Bit Rate Optical Fibre Systems (July 1985 - July 1990)
COST 210:	Influence of the Atmosphere on Interference between Radio Communications Systems at Frequencies above 1 GHz. (June 1984 - September 1990)
COST 211 BIS:	Redundancy Reduction Techniques for the Coding of Broadband Video Signals. (December 1982 - December 1990).
COST 216:	Optical Switching & Routing Devices (February 1986 - February 1991)
COST 212:	Human Factors in Information Services (August 1986 - August 1991).
COST 224:	Methods for the performance, evaluation and design of Asynchronous and Synchronous Multiservice Networks (September 1988 - September 1991)
COST 217:	Optical Measurement Techniques for Advanced Optical Fibre Devices and Systems (September 1986 - September 1991)
COST 206:	Coding and Transmission of High Definition T.V. Signals (September 1984 - March 1992)
COST 234:	Expanded Single Mode Optical Fibre Communication (December 1990 - December 1992)
COST 223:	Antennas in the 1990's: Active array antennas for future Satellite and Terrestrial Communications (Jan. 1989 - Jan. 1993)
COST 218:	Material Science and Reliability of Optical Fibres and Cables (February 1987 - February 1993).

6. General Achievements

The achievements of COST Telecommunications over the yearssince the start of COST in 1971 can be regarded as comprising general achievements which relate to the overall activities of the implemented and currently operational projects and specific achievements referring to the work of specific projects and their particular outputs and deliverables.

The general achievements of COST telecommunications have been significant for the development of European telecommunications as a whole, from the research and development focus right through to operational systems. They can be summarised under the following headings:

Establishment of an R & D Community:
A community of telecommunications research and development people was established working together with common objectives in a coordinated way. It was also demonstrated that this arrangement could work in a practical way. At the start of COST in 1971 no other co-ordinated telecommunications research and development framework existed with the other institutions CEPT and I.T.U. being engaged only in standardisation and operational matters. Indeed there was little co-ordinated telecommunications research and development outside of COST for many years after 1971, with co-operation being generally limited to bilateral co-ordination between some R & D centres and institutes.

Development of Arrangements: within the COST framework a comprehensive and specified arrangement was developed for co-ordinated R & d work giving results:

with programmes developed by the R & D experts;
with management and control by the experts;
which demonstrated that the experts could be trusted to "deliver the goods".

Practical Arrangements: A basis and practical arrangements were developed for diverse complementary participation in co-operative telecommunications projects which could bring together the following partners:

from P.T.T. and Telecom Operators, R & D facilities, technical departments and operations departments,
telecommunications and radio research and development institutes and centres,
universities and university associated facilities,
industry.

Creation of Networks: Networks of telecommunications experts were created with expertise in specific areas over the broad range of telecommunications activities and through these a co-operative ethos was developed at the European level. The co-operation and co-ordinated actions have extended in practice beyond the actual project activities and have contributed to a European thrust in telecommunications R & D appreciated at the international level.

Contribution to Standardisation: A major contribution has been made to telecommunications standardisation at the European and the world level. The COST activities have acted as an R & D prop to CEPT (Conference of European Posts and Telecommunications Administrations) standardisation activities during the earlier years, and later supported ETSI (European Telecommunications Standards Institute) when it was established. Significant inputs have been made to standardisation activities in the mobile radio (GSM) area and the video conference area (CODECS), and many contributions have been made to CCIR on the development of radio and radio propagation recommendations. Beyond standardisation major contributions have been made to the development of actual telecommunications services, including the Pan European GSM mobile radio system and the European video conference services.

Early Technological Identification: COST has consistently been able to identify early key future telecommunications technologies and to start work early on preliminary examinations and in due course on development activities. The following are some examples of such identification;

- the first radio propagation project started in 1971 (COST 25/4)
- the first phased array antenna project started in 1971 (COST 25/1)
- a project dealing with redundancy reduction techniques started in 1977 (COST 211)
- computerisation of the telecommunications network planning process started under preliminary activities in 1977 and under a project in 1979 (COST 201).
- work on the use of digital techniques in networks started under a project in 1979 (COST 202).
- the first examination of the then new transmission medium of optical fibre and optical communications took place under a project in 1977 (COST 208) and this later extended to a family of 8 projects in the optical communications area;
- the first activities in high definition T.V. started under a project in 1984 (COST 206) with preliminary work during earlier years;
- the first studies in man-machine communications started under a pro ject in 1984 (COST 209)

Telecommunications for the Disabled: COST took a significant initiative in the development of telecommunications facilities for the disabled, starting preliminary activities in 1983 leading to the start of the COST 219 project in 1986. In 1983 there were no co-ordinated European development actions in this area, CEPT was not involved in harmonisation in the area, and the E.C. had no plan for a telecom programme. The work at that time was fragmented generally addressed on a country basis, and driven very often by incompatible devices developed by industry.

Pioneer Initiatives: COST has developed so that it maintains its pioneering thrust in telecommunications development with the following recent initiatives:

- stereoscopic T.V. was examined in April 1989 at a workshop in Berlin, and a project in stereoscopic T.V. started in April 1991 (COST 230).
- the examination of the integration of satellite and terrestrial telecommunications networks took place from 1988 and three projects have emerged, COST 226 for fixed networks, COST 227 for mobile networks, and COST 228 as a support in simulation techniques.
- the new area of secure communications was addressed from 1987 resulting in the start of a secure communications project (COST 225) in 1989.
- work on electromagnetic compatibility started in 1990 and a project in this area commenced in 1992.
- a project on "Biomedical Effects of Electromagnetic Fields (COST 244) has been developed and started in October 1992, with a European co-ordinated action involving medical, biological and engineering experts.

Base for European Programmes: COST telecommunications activities have acted as a base and support for European Community Programmes in telecommunications. The RACE (Research into Advanced Communications in Europe) Programme could build on COST actions, using experts built up by the COST network and the results of COST projects. This assisted the drafting of the programme, the early definition of RACE projects and the early start of activities. Some experts migrated from COST to RACE while others participated in both programmes. The wider scope of the average COST project can complement the narrower focus of a RACE project.

Support for E.C. Programmes: COST Telecommunications actions have also supported other European Community programmes which contain a telecommunications element. ESPRIT has received support from three projects, Man Machine Communications (COST 209, 1984 - 1988), Prosodics of Synthetic Speech (COST 233, current), and Speech Recognition over the Telephone line (COST 232, current). The COST 219 project, Future Telecommunications and Teleinformatics Facilities for Elderly and Disabled People, has contributed significantly to the concept for the European Community Programme TIDE (Technology for the Socio Economic Integration of Disabled and Elderly People) and to the development of this programme.

Synergy with ESA: COST telecommunications has developed a synergy with the European Space Agency (ESA), for studies on the use of satellites for telecommunications services. ESA software, hardware and expertise is matched with COST telecommunications expertise in addressing the penetration of satellite technology into the core of fixed and mobile telecommunications networks to study and develop comprehensively integrated space and terrestrial networks.

Complementary Co-Existence: COST initially in 1971 was the only co-operative telecommunications R & D programme in Europe. During recent years it has been joined by other programmes working in telecommunications: RACE, ESPRIT, TIDE, EUREKA and EURESCOM. These are not seen as competitors but rather as complementary programmes and COST telecommunications has managed continual fruitful co-existence in an ever changing European R & D environment.

COST Telecommunications Expansion: Despite the arrival of potentially competitive European programmes, COST telecommunications has indeed expanded over the years, and this has been achieved by broadening the range of its activities and by addressing new subject areas. It has developed from 6 projects operating during the year 1980, to 10 projects during 1984 and on to 24 projects operating during 1993, with a more or less corresponding increase in the level of telecommunications R & D activity.

7. Operational Projects

COST telecommunications activities now represent about one quarter of all COST activities. These activities are being implemented via a total of 24 COST telecommunications projects which are currently in operation, ranging from projects which have been in operation for many years to projects which commenced during 1993. The activities of these 24 projects are listed below:

COST 219:	Future Telecommunications and Tele-Informatics Facilities for Disabled People (Sept. 1986 - Sept. 1996)
COST 220:	Communication Protocols and User Interfaces for Keyboard and Display Equipment intended for Telecommunications Use by Disabled People. (June 1988 - December 1995 proposed)
COST 225:	Secure Communications (Jan. 1989 - Jan. 1995 proposed)
COST 226:	Integrated Space/Terrestrial Networks. (Feb. 1990 - Feb. 1995)

COST 227: Integrated Space/Terrestrial Mobile Network.
(April 1991 - April 1995)

COST 228: Simulation for Satellite/Terrestrial Networks.
(January 1992 - January 1996)

COST 229: Applications of Digital Signal Processing to Communications.
(April 1990 - April 1995 proposed)

COST 230: Stereo Scopic T.V. - Standards, Technology and Signal Processing.
(April 1991 - April 1996)

COST 231: Evolution of Land Mobile Radio (Including Personal Communications.
(April 1989 - April 1996)

COST 232: Speech Recognition over the Telephone Line.
(April 1990 - April 1994)

COST 233: Prosodics of Synthetic Speech
(Feb. 1991 - Feb. 1994)

COST 235: Radio Propagation Effects on New Generation Fixed - Service Terrestrial Communications Systems.

COST 211: Redundancy Reduction Techniques for Coding of Video Signals in Multimedia Services.
(October 1990 - October 1995)

COST 237: Multimedia Telecommunications Services.
(February 1992 - February 1997)

COST 238: New Prediction and Retrospective Ionospheric Modelling Initiative over Europe (Prime)
(March 1991 - March 1995)

COST 239: Ultra-High Capacity Optical Transmission Networks.
(June 1991 - June 1996)

COST 240: Techniques for Modelling and Measuring Advanced Photonic Telecommunication Components.
(April 1991 - April 1996)

COST 241: Characterisation of Advanced Fibres for the new Photonic Network.
(January 1992 - January 1997)

COST 242: Methods for the performance, evaluation and design of Multiservice Broadband Networks.
(April 1992 - April 1996)

COST 243: Electromagnetic Compatibility in Electrical and Electronic Apparatus and Systems.
(Dec. 1992 - Dec. 1996)

COST 244: Biomedical Effects of Electromagnetic Fields.
(October 1992 - October 1996)

COST 245: Active Phased Arrays and Array fed Antennas.
(April 1993 - April 1997)

COST 246: Materials and Reliability of Passive Optical Components and Fibre Amplifiers in Telecommunications.
(March 1993 - March 1997)

COST 248: The Future European Telecom User.
(October 1993 - October 1997)

8. Future Projects for 1994

The COST Technical Committee Telecommunications (TCT) has developed a further three projects which are expected to become operational in early 1994, and the activities proposed for these projects are outlined in the following sections, as well as the estimated project period being given.

COST 247: Verification and Validation Methods for Formal Descriptions.(est. Jan. 1994 - Jan. 1997).

The objective of the project is to co-ordinate efforts to analyse, classify and develop new and efficient techniques and tools for concurrent software verification and validation. This is in the context of existing formal software specification languages, and other newly suggested formal techniques. The results will be applied and tested on selected realistic examples in contemporary distributed communication architectures.

COST 249: Continuous Speech Recognition over the Telephone
(est.March 1994 - March 1998)

The objective of the project is to address the speech recognition problem so as to establish some unified language independent speech recognition concept, and to integrate the partners present and future efforts in signal processing, statistical modelling and linguistic processing into this concept. Thus it should be possible to validate results obtained at different sites in a more controlled way.

COST 250: Speaker Recognition in Telephony.
(est. March 1994 - March 1998)

The objective of the project is to improve the technology of speaker recognition by improving the knowledge of the problem, evaluating current techniques and products and investigating novel techniques. The focus of the project is speaker recognition over telephone lines but knowledge gained in this area should be of value to other areas such as the standardisation of measurement techniques and forensic testing.

9. Relationship with European Bodies

A close relationship existed since its beginning in 1971between the Technical Committee Telecommunications and its projects and CEPT, the Conference of European Posts and Telecommunications Administrations, and in recent years with ETSI, the European Telecommunications Standards Institute. COST telecommunications projects provide inputs to the appropriate committees and working groups for the development of recommendations and standards. COST projects also provide inputs to the standardisation activities of the International Telecommunications Union through its Standardisation Committee.

The European Community has from the beginning given strong support to the COST Technical Committee Telecommunications and its projects, chiefly by way of the Commission of the European Communities providing the secretariat for the Committee and the projects, producing and printing reports and documents, supporting conferences and seminars, and generally fostering COST activities. The Commission of the European Communities may also participate in COST projects as an entity and has participated in one COST telecommunications project, COST 218.

COST has in recent years ceased to be the only formal structure supporting European co-operative actions in telecommunications research and development. The RACE, Research for Advanced Communications in Europe, programme of the European Community is specifically aimed at telecommunications development, and thus the Technical Committee Telecommunications and RACE management have established contacts so as to maintain adequate co-ordination between their respective activities. The European Community's programme ESPRIT, European Strategic Programme of Research in Information Technology, also involves some activities in the telecommunications area, and co-ordination is also required with this programme. EUREKA, the Emerging Scheme for High Technology Co-operation within Europe, which is essentially aimed at product development and participation by industry, includes significant telecommunications activities and contacts are maintained with it.

COST is closely associated with the European Space Agency (ESA) in the development and implementation of COST telecommunications projects in the field of satellite communications. Beside common actions in project development the European Space Agency participates in COST telecommunications projects as a full project member. It is currently a participant in

four operational projects, COST 226, COST 227, COST 228, COST 243.

The Technical Committee Telecommunications has contacts with the European Telecommunications Satellite Organisation (EUTELSAT) with the European Broadcasting Union (EBU), and with the recently established European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications (EURESCOM).

Contacts, transfer of information and participation at each others meetings, seminars and workshops between COST Telecommunications and the E.C. RACE Programme, ETSI and EURESCOM are implemented in accordance with agreed 'Guidelines' documents drawn up so as to ensure adequate and orderly co-ordination and co-operating in each case.

10. Participation from Non COST European Countries

There are a number of European Countries which are currently not members of COST including the following countries: Malta, Cyprus, Romania, Bulgaria, Albania; and the new states which have emerged from the former USSR - Russia, Estonia, Latvia, Lithuania, Belarus, Ukraine, Moldova, Azerbaijan, Armenia, Georgia.

Since 1990 under certain conditions there can be participation in COST project from non COST European countries, and general conditions define such participation. The three main conditions are the following:

- participation is from individual entities, organisations or institutes and not the country as such as in the case with COST member countries;
- participation is decided on a case-by-case basis, and is subject to approval by the COST Committee of Senior Officials (CSO);
- there should be mutual benefit for participants from COST and non COST countries.

The European Community established in 1992 a Programme for Co-operation in Science and Technology with Central and Eastern European countries (PECO), which funds scientific co-operation with the following COST and Non COST Countries: Poland, Czech Republic, Slovakia, Hungary, Slovenia, Estonia, Latvia, Lithuania, Romania, Bulgaria, Albania. Under this fund contracts have been placed which support 37 participants from countries in COST Telecommunications projects, including 7 from Non-COST Countries. Recently the TCT has made contact with Russia concerning the possible participation from Russia in COST Telecommunications projects.

Because of the various initiatives it is expected that there will be significant participation in COST telecommunications projects from the Non-COST Countries of Eastern Europe by the end of 1994.

11. Conclusion

The rapid technological advances taking place in telecommunications and teleinformatics, and the strong desires for more co-ordinated development activities at the European level, are increasing the requirements and opportunities for COST telecommunications activities. These have increased significantly during recent years and are expected to further increase over the next five years.

Other co-operative activities in telecommunications research and development have emerged and are being pursued under the European programmes of RACE, ESPRIT, EUREKA and more recently EURESCOM.

COST telecommunications activities have adapted to the role of complementing the activities of these programmes. The basic COST approach of allowing the researchers themselves to have the major responsibility for actions within an overall framework and of having a minimum of external control continues to prove attractive and productive for co-operative telecommunications activities.

The future of COST telecommunications in European R & D is currently being addressed taken into account such factors as:

- the range and scope of its activities;
- the relationship with other programmes both within and outside the European Community;
- the relevance to the development of telecommunications in the particular European environment;
- the need to use effectively the relative independence of COST telecommunications actions.

There is also the thrust for the widening of participation in COST Telecommunications activities from countries and from entities. In this respect increase in participation from Eastern Europe is considered important coming both from three new COST countries in the region and the other 13 countries which are not currently members of COST. This will pose new challenges for COST Telecommunications, both for the practical effective implementation of projects and the resources required by the new participants, but there is confidence that as in the past such challenges will be met.

Voordracht gehouden tijdens de 417e werkvergadering

COST 219 en COST 220

Europese samenwerking op het gebied van wetenschappelijke en technische research ten behoeve van gehandicapte medemensen

ir. P.D.C. Reefman
Voorzitter COST 220



During the last years the meaning of the term 'handicap' has been changed rigorously. In the past handicapped persons were more or less by definition not capable to perform the same work as non-handicapped persons. To-day a handicap is considered to be a wrong adaptation of the external (work) situation to a person, which can in a lot of cases effectively be improved, provided that the money and the knowledge are available. During the last five years COST 219 and COST 220 have been busy in Europe to collect the proper research issues in this field with respect to telecommunications and to raise the interest of European countries in this area.

1. Inleiding

In een aantal gevallen kunnen in een (werk)situatie omstandigheden optreden die een belemmering vormen voor gehandicapte medemensen. Een bekend voorbeeld wordt bijvoorbeeld gevonden in de (on)toegankelijkheid van gebouwen. Wanneer iemand met een rolstoel, in een gebouw voor een aantal trappen komt te staan, zal hij of zij zich plotseling erg gehandicapt voelen. Is er echter een lift aanwezig, dan blijft dit machteloze gevoel uit. Hieruit blijkt dat gehandicapt zijn in principe kan worden opgevat als een zekere onaangepastheid van de omgeving. Wordt deze vervolgens aangepast aan de speciale behoeften van gehandicapten, dan zijn er vaak geen problemen. Bovendien zullen ook niet-gehandicapte mensen graag van de lift gebruik maken, omdat dit tijd spaart en minder inspanning kost dan trappen lopen. De lift is een duidelijk voorbeeld van 'design for all', waarbij iedereen gebaat is.Er kan onderscheid worden gemaakt tussen algemene en individuele aanpassingen. Algemene aanpassingen hebben daarbij de voorkeur boven individuele, omdat ze algemeen bruikbaar zijn. Het verdient dus aanbeveling om een werkomgeving aan te passen aan een zo breed mogelijke groep van gebruikers.De huidige stand van de technologie speelt bij de genoemde adaptaties een belangrijke rol. COST 219 en COST 220 houden zich bezig met aangepaste (tele)communicatie-apparatuur voor gehandicapten en ouderen. Zo verdienen, volgens wat hierboven is opgemerkt, telefoontoestellen op de werkplek met ingebouwde regelbare versterking de voorkeur boven het gebruik van losse individuele versterkers (gehoorapparaten). In het volgende artikel zal nader worden ingegaan op de aktiviteiten van COST 219 en COST 220

2. COST

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat COST een acronym is voor het franse equivalent van 'European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research' (Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique). Deze COST-samenwerking is in 1971 opgezet tijdens een Ministeriële Conferentie over Wetenschap en Technologie van de 19 oorspronkelijke COST-landen. De bedoeling was om aan de diverse nationale organisaties, instituten, universiteiten en industrie een mogelijkheid te bieden om de krachten te bundelen en op deze wijze te kunnen samenwerken in een brede schakering van R&D-activiteiten. Op dit moment zijn zo'n 25 landen bij het COST-werk betrokken, te weten:

12 E.G. Lidstaten;

6 landen van de Europese Vrijhandels Organisatie (EFTA): Oostenrijk, Finland, IJsland, Noorwegen, Zweden en Zwitserland;

De Tsjechische en Slowaakse Republieken, Hongarije, Polen, Turkije, Slovenië en Kroatië.

Sinds 1989, kunnen ook organisaties en instituten van niet-COST-landen, in het bijzonder van andere dan de genoemde Centraal- en Oost-Europese landen, deelnemen in bepaalde COST-acties, mits er een gerechtvaardigde wederzijdse belangstelling bestaat.

Het COST-mechanisme impliceert vier basis-principes:

1. Alle COST-landen kunnen, evenals de Europese Commissie, COST-acties voorstellen.
2. Deelname aan deze acties is vrijwillig, zodat alleen geïnteresseerde landen samengaan.
3. De te coördineren research wordt nationaal bekostigd. De coördinatie kosten worden door de deelnemende landen en door de Europese Commissie opgebracht.
4. Een actie heeft de vorm van een samenwerkingsverband, waarin nationale researchprojecten worden gecoördineerd. Het werk wordt beheerd door managementcommissies (één voor elke COST-actie).

3. COST 219

De titel van deze actie luidt:

"Future telecommunications and teleinformatics facilities for disabled people ande eldery".

COST 219 is in 1986 gestart en is nu verlengd tot september 1996.

De voornaamste doelstellingen van het project zijn om:

_ Informatie te verzamelen en te distribueren over bestaande en nieuwe telecommunicatie en tele- informatica apparatuur en diensten voor gehandicapten en ouderen;
- Aktiviteiten in dit veld te stimuleren;
- Praktische behoeften van gehandicapten en oudere mensen te constateren;
- Toekomstige mogelijkheden van informatietechnologie in het genoemde gebied te evalueren.

Momenteel is het werk van COST 219 georganiseerd in 7 werkgroepen. Het doel van deze werkgroepen is om op bepaalde kritieke tereinen te kunnen focusseren:

Standaardisatie en legislatie

Hier wordt gelet op de resultaten van het werk dat door standaardisatie-lichamen wordt verricht en worden aanbevelingen opgesteld voor verdere aktiviteiten op dit gebied ten behoeve van mensen met speciale behoeften (gehandicapten en ouderen).

Videotelefonie

Hier wordt de lopende research op het gebied van videotelefonie en de implementatie daarvan bekeken. De groep zal zich achteraf richten op 4 hoofdrichtingen: gebarentaal/liplezen, verzorgings- en interventiediensten, educatie op afstand en methoden voor intensieve communicatie.

Toegang tot communicatietechnologie

Hier wordt de ontwikkeling van telecommunicatiediensten en apparaten gevolgd en worden maatregelen genomen om te garanderen dat de gebruikte apparatuur ook geschikt is voor gehandicapten en ouderen.

Stemcommunicatie

Hier worden de problemen bestudeerd van mensen met gehoor- en spraakstoornissen die toegang willen hebben tot telecommunicatie-apparatuur en deze apparatuur willen gebruiken. In het bijzonder wordt onderzoek op dit terrein gecoördineerd en gevolgd en worden de resultaten doorgegeven aan de verantwoordelijke instanties.

Technologische trends

Hier wordt de algemene technologische trend voor diverse relevante gebieden nagegaan, bijvoorbeeld voor breedbandcommunicatie, multimediatoepassingen, mobiele telefonie en navigatiesystemen. Deze trend wordt vervolgens gerelateerd aan de behoeften van gehandicapten en ouderen. Gegevens over bestaande resarchprojecten worden in samenwerking met andere werkgroepen verzameld. Gebaseerd op deze informatie beslist de groep over toekomstige aktiviteiten en oplossingen op dit gebied.

Tekstcommunicatie

Hier wordt de ontwikkeling van internationale teksttelefoonstandaarden, teleplusdiensten en andere zaken gevolgd. Er wordt gezorgd dat de belangen van tekstgebruikers gedurende de introductie van een nieuwe technologie, zoals bijvoorbeeld bij ISDN, worden gewaarborgd.

Informatie-overdracht

Deze groep verspreidt informatie over telecommunicatie en handicap en het werk van COST 219 aan: telecom operators, fabrikanten, ontwerpers, researchinstituten en organisaties van gehandicapten. Dit wordt gedaan door middel van seminars, distributie van rapporten en op elektronische wijze. Er wordt ook informatie verzameld over bestaande research en ontwikkeling door het bezoeken van seminars en het raadplegen van data bases.

COST 219 heeft tot dusverre diverse conferenties en seminars georganiseerd, waarvan enkele samen met COST 220. De rapporten en boeken zijn verstuurd naar gehandicaptenorganisaties, PTT's, industrie, researchinstellingen, etc. Ook naar landen buiten Europa. Verder wordt deelgenomen aan TIDE en RACE projecten.

Voornaamste publicaties

Use of telecommunication: The needs of people with disabilities, 1989;

Issues in telecommunication and disability, 1991;

Telecommunications and people with disabilities - current practice and future plans in Europe, 1992;

Survey of text telephones and relay services in Europe, 1992.

4. COST 220

De titel van deze actie luidt:

"Communication protocols and user interfaces for keyboard and display equipment intended for telecommunications use by disabled persons and eldery"

COST 220 is in 1988 gestart en is nu verlengd tot november 1995.

Op het eerste gezicht lijkt de titel van de actie vrij veel op die van COST 219 en is er sprake van enige (overigens noodzakelijke) overlap. COST 220 houdt zich echter voornamelijk bezig met het gebeuren tussen de terminals en wat minder met de terminal zelf.

De doelstelling van het project is in grote lijnen als volgt:

- Zichtbaar maken van de huidige incompatibiliteit van de tekst telefoonsystemen in Europa.
- Het bevorderen van een praktische oplossing voor de genoemde incompatibiliteit.
- Het bevorderen van een uiteindelijke "design for all" oplossing voor de teksttelefoon in Europa.
- Het bevorderen van de contacten met gehandicaptenorganisaties, o.m. World Federation of the Deaf, en standaardisatie-instituten, o.m. ETSI.

Belangrijk voor het halen van deze doelstelling zijn een drietal rapporten die door COST 220 zijn uitgebracht:

a. "If I call, who can answer?"

Dit rapport handelt voornamelijk over de incompatilibiteit van de bestaande teksttelefoonsystemen. Er worden maatregelen voorgesteld om te voorkomen dat de bestaande incompatilibiteit zal toenemen. Verder wordt het gebruik van " Telematic Acces Points" aan bevolen om de mogelijkheid voor protocoltranslatie te openen. In dit rapport wordt eveneens de conclusie getrokken dat voor de communicatie tussen mensen met en zonder handicaps en machines, een multifunctionele terminal uiteindelijk de beste oplossing is, omdat de communicatie toeneemt indien diverse communicatiemodes beschikbaar zijn.

b. "A text telephone service for Europe"

In dit rapport wordt een oplossing gegeven voor de incompatilibiteit van het teksttelefoonverkeer tussen Europese landen door de invoering van een Europese standaard voor dit verkeer. Een dergelijke standaard zou gebaseerd moeten zijn op de ITU V. aanbevelingen en moet worden geïmplementeerd in een duo-modem, dat ook geschikt is voor de nationale standaard van een land. Een teksttelefoon met een duo-modem kan dan beide standaards hanteren. Volgens ITU-T, Studiegroep 14, is het zelfs mogelijk om een Europese standaard te definiëren, die een aantal teksttelefoonstandaarden bevat: EDT, DTMF, V.23, Baudot. Een andere vraag is, wat is een teksttelefoon? Het blijkt dat er een directe relatie met telefonie bestaat.

c. 'De teksttelefoon in ISDN'

Dit rapport handelt over de ISDN-fase van de telefoonnetten in Europa. Het is belangrijk dat teksttelefonie door ETSI wordt gestandaardiseerd voordat ISDN op grote schaal wordt geïntroduceerd. Anders ontstaat dezelfde situatie die momenteel aanwezig is, veel verschillende systemen die niet compatibel zijn. Teksttelefonie moet worden gestandaardiseerd als een teleservice en voor teksttelefonie moet een vast bitschema in het B- of het D-kanaal worden gereserveerd. Dit maakt een gelijktijdige uitwisseling van spraak en tekst mogelijk. De meeste ISDN telefoontoestellen zullen zijn voorzien van een 'Liquid Crystal Display', een (verborgen) alfa-numeriek toetsenbord en een mogelijkheid om diensten op afstand door middel van 'smart cards'te programmeren.

Ontwikkeling van de teksttelefonie Eenvoudig valt te constateren dat momenteel binnen het telefoniegebeuren vrij veel nieuwe diensten ontstaan:

o Audiotex diensten (Voice response);

o SOS-diensten;

o Elektronisch bankieren;

o Elektronisch winkelen;

o Semafoon;

o Videotex diensten.

Voor meer complexe diensten kan men eigenlijk niet meer volstaan met een kiesklavier, maar zijn een alfa-numeriek toetsenbord en een beeldscherm vereist. Het telefoontoestel dat dan ontstaat ligt qua 'hardware' al erg dicht bij een teksttelefoon.

Gehandicapten die niet kunnen horen of niet kunnen spreken, hebben behoefte aan de volgende teksttelefoonmodule:

[Telefonie]	SPRAAK —> <— SPRAAK
(a) SPREEKT NIET	TEKST —> <— SPRAAK
(b) HOORT NIET	SPRAAK—><— TEKST
(c) SPREEKT EN HOORT NIET	TEKST —> <— TEKST
(d) BEIDE SPREKEN NIET	
(e) BEIDE HOREN NIET	
(f) BEIDE SPREKEN EN HOREN NIET	

Bij normale telefonie zendt de linker partij spraak en ontvangt spraak. Als de linker partij (a) spraakgestoord is, zendt hij tekst en ontvangt spraak. Is de linker partij (b) gehoorgestoord, dan zendt hij spraak en ontvangt tekst. Kan de linker partij (c) niet spreken en niet horen, dan zendt hij tekst en ontvangt hij tekst. In de gevallen (d), (e) en (f) dienen beide partijen eveneens tekst te zenden en te ontvangen. Wanneer men de normale telefonie:

SPRAAK —> <— SPRAAK, dus uitbreidt met de mogelijkheden:

TEKST —> <— SPRAAK

SPRAAK —> <— TEKST

TEKST —> <— TEKST,

dan worden alle communicatieproblemen van gehandicapten die niet kunnen spreken en/of horen meegenomen. In eerste instantie zou men in de verleiding kunnen komen om de genoemde problemen op te lossen met: TEKST —> <— TEKST (Telematica).

Op deze wijze zou men buiten de telefonie om kunnen opereren. Het blijkt echter dat spraak- en gehoorgehandicapten graag gebruik maken van de communicatiemogelijkheden die zij bezitten en resp. graag spraak horen en spreken (Voice Through). De genoemde drie communicatiemogelijkheden:

TEKST —> <— SPRAAK

SPRAAK —> <— TEKST

TEKST —> <— TEKST,

zijn voor hen dus van groot belang. Het getuigt van een zekere realiteitszin om hier op te merken dat de genoemde mogelijkheden ook voor niet-gehandicapten van belang zijn. Hoe vaak heeft men tijdens een telefoongesprek niet te maken met het spellen van moeilijke namen, het overdragen van lange getallen. Een tekstmode kan hier uitkomst bieden. Hetzelfde geldt wanneer men iemand opbelt die niet thuis is, de oproep hoeft nu niet als verloren beschouwd te worden, men kan een tekstboodschap achterlaten die, anders dan bij een antwoordapparaat, ook door een gehoorgestoorde kan worden ontcijferd. Interessant wordt het als men naar de TEKST —> <— TEKST overdracht kijkt. Omdat het daar in het algemeen om eenvoudige korte zinnen gaat, is het mogelijk een vertaalcomputer in te schakelen, zodat dit een eerste poging zou kunnen worden om de taalbarrière in Europa te slechten. Het blijkt dat voor de teksttelefoon het 'Design for all'-principe geldt. Wanneer de teksttelefoon algemeen wordt ingevoerd, ontstaan er legio mogelijkheden voor nieuwe diensten. Men zou zich trouwens ook af kunnen vragen of het niet zinvol is om na al deze jaren 'Plain Ordinary Telephone Service' eens met een praktische uitbreiding van de telefonie te komen. De techniek biedt hiervoor veel kansen. Bovendien integreert men daarmee een grote groep van spraak- en gehoorgestoorden op radicale wijze in de telecommunicatiegemeenschap. Hun achterstand in deze gemeenschap wordt eindelijk tot nul gereduceerd.

Een tweetal opmerkingen is van belang. Hoewel tot nu toe enkel is gesproken over het belang van de teksttelefoon voor spraak- en gehoorgestoorden, zijn er ook lichamelijk gehandicapten die slechts zeer moeizaam kunnen communiceren en die daarom graag van een teksttelefoon met speciale aanpassingen (groot toetsenbord, aanwijzen van letters met laserstraal, etc.) gebruik maken. Een goed genormaliseerde teksttelefoon kan dus eigenlijk worden gezien als een communicatieplatform waaraan men allerlei hulpmiddelen kan koppelen. Een teksttelefoon kan ook een belangrijke rol vervullen bij het electronisch bedienen van de vele hulpmiddelen in een 'smart home', temeer omdat men een aantal faciliteiten graag 'op afstand' zal willen bedienen.

Ontwikkeling van randapparatuur.

Bij de hedendaagse ontwikkeling van randapparatuur kan men een zekere trend constateren om het basismodule telefonie te combineren met andere modulen:

- o Telefonie <—— Zou vervangen moeten worden door teksttelefonie.
- o Fax
- o Video
- o Antwoordapparatuur
- o Scribofoon

Een bekend voorbeeld van een combinatie van deze modulen en tegenwoordig algemeen in de handel verkrijgbaar, is een telefoon met fax en antwoordapparaat. Andere combinaties van modulen zijn uiteraard mogelijk. Op deze wijze zal men waarschijnlijk geleidelijk naar een multifunctioneel toestel toegroeien.

M.b.t. fax kan worden opgemerkt dat dit ook voor gehandicapten een zeer bruikbaar communicatiemiddel is. De bediening is eenvoudig, een fax is goedkoop in aanschaf en gebruik en heeft een ruim verspreidingsgebied. Door gebruik te maken van zwelpapier met een thermische ontwikkelingsunit kan de fax zelfs voor communicatie met blinden worden gebruikt. Het is echter een veel onpersoonlijker communicatiemiddel dan een (tekst)telefoon en kent geen communicatie in dialoogvorm. Voor zakelijke toepassingen is een fax echter ideaal. Een combinatie van een fax met een teksttelefoon of een scribofoon, waarmee men on-line geschreven schrift kan overbrengen, lijkt dan ook zeer geslaagd.

Compatibiliteit voor bestaande teksttelefoonsystemen.

Het opheffen van de incompatibiliteit van de huidige teksttelefoonsystemen is uiteraard van groot belang, hierover is in het voorgaande al het een en ander gezegd. ITU-T is nu bezig om een modem te specificeren (Draft Recommendation V.18) dat samen kan werken met teksttelefoons die gebaseerd zijn op de ITU-T Aanbevelingen V.18, V.21, V.23 of op EDT, 5-bit of DTMF. Tevens wordt gewerkt aan 'Draft Recommendation V.8' met procedures voor startsessies voor datatransmissie over het GSTN. Met betrekking tot V.18 kan worden opgemerkt dat de 'Study Group Vote' op 9 juni 1994 zal plaatsvinden. Het grote belang van deze norm is niet alleen dat de oudere teksttelefoons hierdoor onderling compatibel worden, maar ook dat aansluiting wordt gevonden bij de telematica, computers met een resident teksttelefoonprogramma die met een V.-modem werken.De verwachting is dat deze steeds meer op de markt zullen komen, omdat de massaproductie van computers nieuwe mogelijkheden opent voor het fabriceren van betaalbare teksttelefoons met nieuwe mogelijkheden zoals

- 'text editing';
- 'file transport'
- agenda
- adressen- en telefoonnummerbestand
- 'spreadsheet'
- calculator, etc.

Dit opent mogelijkheden voor telewerk thuis, voor mensen met handicaps.

'Integrated Services Digital Network'

Na het voorgaande zal duidelijk zijn dat in ISDN een incompatibele situatie met betrekking tot teksttelefonie moet worden vermeden. Op dit moment is teksttelefonie nog niet gedefinieerd als een tele-service in ISDN, dit zal eerst moeten gebeuren. COST 220 definieert teksttelefonie als volgt:

'A telecommunication service which offers the real time interchange of text in addition to Telephony.'

Uit prijsoverwegingen zal een teksttelefoniekanaal overeen moeten komen met een standaard telefoniekanaal. In N-ISDN zou dus een B-kanaal gebruikt kunnen worden. In principe dient een ISDN telefoon spraak- en tekstcommunicatie mogelijk te maken. Wanneer een abonnee niet thuis is, moet het mogelijk zijn om hem een tekstboodschap achter te laten .Dit is voor gehoorgestoorden beter dan een antwoordapparaat. De weergave van een tekstboodschap moet overigens naar keuze ook met spraak kunnen.

Tekstcommunicatie veroorlooft in het algemeen een beter gebruik van diensten dan Audiotex.

De werkzaamheden in COST 220 zijn momenteel georganiseerd in een drietal werkgroepen:

Alfabet harmonisatie

Deze groep bestudeert het probleem van taalspecifieke karakters in internationale tekstcommunicatie.

Tekst/videotex terminals voor gebruik door personen met andere handicaps dan doofheid

Deze groep bestudeert op welke wijze tekst/videotex terminals aan de behoeften van diverse groepen van gehandicapte personen kunnen voldoen.

Teksttelefonie in ISDN

Deze groep bestudeert aan welke eisen teksttelefonie in ISDN zal moeten voldoen.

Voornaamste publicaties

o EUR 13144 - If I call, who can answer? Text telephone systems in use in Europe - A way forward to compatibility, 1991, ISBN 92-826-2039-5

o EUR 15063 - A text telephone service for Europe, 1993, ISBN 92-826-6198-9

o At press: - A text telephone system in ISDN, 1994

Voordracht gehouden tijdens de 417e werkvergadering

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
414e werkvergadering

UITNODIGING voor de werkvergadering van het NERG op woensdag 8 september 1993 aan de Universiteit Twente, Collegezaal CT 2520, Gebouw CT.

THEMA; LICHT IN CHIPS EN IN SYSTEMEN

PROGRAMMA;

09.45-10.10 uur: Ontvangst met koffie

10.10-10.50 uur: Coherent optische communicatiesystemen
Dr. ir. W. van Etten,
Technische Universiteit Eindhoven

10.50-11.30 uur: Optische versterkerchips
Dr. A. Polman,
FOM instituut voor atoom- en molecuulfysica, Amsterdam

11.30-12.10 uur: Golflengte-multiplexing in optische netwerken
Ir. J. Laarhuis,
Universiteit Twente

12.10-14.00 uur: **LUNCH**
in de Bastille, ca. 10 minuten lopen vanaf de collegezaal

14.00-14.40 uur: Optische III-V halfgeleiderchips
Dr.ir. M.K. Smit,
Technische Universiteit Delft

14.40-15.20 uur: Volledig optisch schakelen in optische chips
Dr. ir. G.J.M. Krijnen,
Universiteit Twente

15.20-15.30 uur: Uitreiking Vederprijs
Ir. W. Wapenaar,
bestuurslid Vederfonds

15.30 uur: Borrel ter afsluiting

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden vóór 1 september aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 70 cent.

Leden van het NERG en studenten hebben gratis toegang. De kosten van deelname voor niet-leden bedragen *f* 15,00. Betalingen dienen vóór 1 september te zijn ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Namens het NERG,
Prof. Ir. A.C. van Bochove
Ir. P.R.J.M. Smits, programmacommissaris
Tel. 070-3325112 (administratie NERG)

UITNODIGING voor de excursie van het NERG op dinsdag 21 september 1993 naa het Zendstation Kootwijk Radio, Radioweg 1, 7346 AS Hoog Soeren.

THEMA: RADIO KOOTWIJK

PROGRAMMA;

13.30-14.00 uur: Ontvangst
14.00-14.45 uur: Het Zendstation Kootwijk in zijn volle breedte
M. Nieuwenhuizen,
Hoofd Zendstation Kootwijk Radio
14.45-15.10 uur: Videopresentatie
15.10-15.30 uur: Afsluiting en vragen
M. Nieuwenhuizen
15.45-17.15 uur: Excursie naar zenders, antennes en ondergrondse installatie
17.15 uur: Sluiting

Aanmelding voor deze middag dient te geschieden vóór 7 september aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 70 cent.
Het aantal deelnemers is beperkt tot 30. Tijdstip van ontvangst van aanmelding is beslissend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.
De excursie is alleen toegankelijk voor NERG leden.

Namens het NERG,
Ir. P.R.J.M. Smits, programmacommissaris
Tel. 070-3325112 (administratie NERG)

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
416e werkvergadering

UITNODIGING voor de excursie op vrijdag 5 november naar
de Marinekazerne Erfprins, Fortweg 1, Den Helder.

THEMA: HET NIEUWE M-FREGAT VAN DE KONINKLIJKE MARINE

Het Sensor Wapen en commando Systeem (SEWACO) van de nieuwe M-fregatten behoort tot de modernste ter wereld. Voor het uittesten van de software voor dit SEWACO systeem is in en op gebouw Cerberus op het terrein van de Marinekazerne Erfprins een vrijwel volledig SEWACO systeem aan de wal geïnstalleerd. Deze werkvergadering biedt de unieke gelegenheid dit waltestsysteem te bezoeken.

PROGRAMMA:

10.30-11.00 uur: Ontvangst en koffie

11.00-11.15 uur: Inleiding
Ir. C.Th.Koole,
Koninklijke Marine

11,15-11.45 uur: Het SEWACO systeem met het M-fregat
Ir. C.Th.Koole,
Koninklijke Marine

11.45-12.30 uur: De 3D doelaanwijsradar SMART-S van het M-fregat
H. Strotman,
Hollahdse Signaalapparaten BV

12.30-13.00 uur: **APERITIEF**
in de Longroom van de Marinekazerne Erfprins

13.00-14.00 uur: Warme lunch in de Longroom van de Marinekazerne Erfprins

14.00-15.30 uur: **Rondleiding** in het gebouw Cerberus, SEWACO waltestsysteem

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden vóór 18 oktober aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 70 cent Het aantal deelnemers is beperkt tot 40. Tijdstip van ontvangst van aanmelding is beslisssend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.
De excursie is alleen toegankelijk voor NERG-leden. De kosten voor de lunch bedragen *f* 10,00. Betalingen dienen vóór 18 oktober te zijn ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Namens het NERG,
Ir. P.R.J.M. Smits, programmacommissaris
Tel. 070-3325112 (administratie NERG)

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
417e werkvergadering

UITNODIGING voor de werkvergadering van het NERG op donderdag 11 november in het Holland Trade House, Bezuidenhoutseweg 181, Den Haag

THEMA: COST Telecom acties

COST is een Europees samenwerkingsverband voor Research en Development op het gebied van telecommunicatie. COST onderscheidt zich van andere samenwerkingsverbanden als RACE en ESPRIT door zijn geringe procedurele overhead en sterke researchgerichtheid. Deze werkvergadering wordt georganiseerd in samenwerking met EG-Liaison, het Ministerie van Economische Zaken en PTT Research.

PROGRAMMA

14.30-15.00 uur: Ontvangst en koffie
15.00-15.10 uur: Welkom
Ir. L.D.C. van Werkhoven,
EG-Liaison
15.10-15.25 uur: Wat is COST ?
Mw. E.H.Rademaker,
Ministerie EZ, ATB
15.25-16.00 uur: COST Telecom, an overview
Mr.J.M. Dwyer,
Telecom Eireann, chairman TC Telecom
16.00-16.35 uur: Satellietcommunicatie en antennes
Prof.dr.ir. L.P. Ligthart,
TU Delft
16.35-16.50 uur: **Pauze**
16.50-17.25 uur: Multimediadiensten en coderen videosignalen
Ir. D.A. Schinkel,
PTT Research
17.25-18.00 uur: Telecom en telematica voor gehandicapten
Ir. P.D.C. Reefman,
voorzitter COST 220
18.00 uur: Borrel en sluiting

Aanmelding voor deze middag dient te geschieden vóór 4 november aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 70 cent. Leden van het NERG en studenten hebben gratis toegang. De kosten van deelname voor niet-leden bedragen *f* 15,00. Betalingen dienen vóór 4 november te zijn ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Namens het NERG.
Ir. P.R.J.M. Smits, programmacommissaris
Tel 070-3325112

SENSOREN EN SIGNAALVERWERKING VOOR FOETALE PHONOGRAFIE.

Dr ing. H.G. Goovaerts
V.U. Medische Fysica en Informatica



Summary

A transducer based on an inductive principle enables recording of displacements on the maternal abdominal wall arising from fetal activity. The transducer is a relatively passive device in contrast to commonly applied ultrasound transducers. This enables long-term observation of fetal movements and sounds. The bandwidth of the system is DC - 200 Hz (+/- 1.5 dB) and signal-to-noise ratio's of more than 96 dB have been measured in a laboratory setup whereas in the practical situation a signal-to-noise ratio of 78.5 dB has been established. The transducer has been applied to study fetal respiratory sinus arrhythmia. Therefore fetal breathing movements have to be extracted from the transducer's output. This proved possible by digitally filtering of the displacement signal as detected by the transducer. The transducer has also been applied in a study where the signal-to-noise ratio of fetal heart sounds as function of location of the fetus and position of the transducer on the maternal abdominal wall has been studied. It proved possible to adequately record fetal heart sounds for measurement of fetal heart rate. Also uterine activity could be recorded using the sensor's DC-output. Finally, a study has been carried out to evaluate the sensors ability to detect fetal movements in comparison to the output obtained by observation of ultrasound images. The specificity of the transducer's output proved to be 90% whereas the sensitivity and accuracy of the results were 79% and 85% respectively.

Inleiding

Analyse van foetale bewegingen vindt doorgaans plaats met behulp van echoscopie. Aan de hand van het ultrageluidsbeeld worden de bewegingen ingedeeld naar soort en zo wordt een algemene indruk verkregen van het bewegelijksheidspatroon van de foetus. In de kliniek is men verder geïnteresseerd in het verband tussen bewegingen en de daarmee gepaard gaande verandering van het foetale hartritme. Deze kombinatie wordt als een belangrijke diagnostische grootheid gezien. Het hartritme wordt meestal afgeleid van een op basis van het Doppler-principe werkende ultrageluidsopnemer. Beide methoden maken gebruik van het instralen van ultrageluid en zijn daarom minder geschikt voor langdurige of continu-meting. Een meer passive methode zou dit wel mogelijk maken hetgeen aanleiding gaf tot het ontwikkelen van de in dit artikel besproken meettechniek. In het recente verleden zijn verschillende transducenten ontwikkeld voor het registreren van foetale bewegingen en harttonen. Deze ontwikkelingen hebben echter geresulteerd in relatief weinig efficiënte opnemers. De uitwijkingen aan de maternale buikwand.tengevolge van foetale harttonen zijn zeer zwak en vereisen een optimale overdracht naar de sensor om gedetecteerd te kunnen worden. Bij het meten van foetale bewegingen en harttonen heeft men te maken met lage frequenties waarbij sferische propagatie plaats vindt in tegenstelling tot de vlakke golffronten die ontstaan bij toepassing van ultrageluidsbronnen. Om verzwakking te voorkomen, is het gewenst dat overdracht slechts over een klein oppervlak plaats vindt. Optimalisatie van deze overdracht kan verkregen worden met zgn. "compliance-matching".

Volgens recente bevindingen is de belangrijkste informatie in het "overall" signal van de sensor vervat in een frequentie-bereik van 0,1 Hz - 200 Hz. In het laagfrequente gebied (0,1 Hz - 10,0 Hz) vinden we componenten die verband houden met foetale beweeglijkheid waaronder foetale ademhalingsbewegingen. Het zal duidelijk zijn dat voor registratie van foetale bewegingen een adequate respons beneden 10 Hz vereist is. Foetale harttonen vinden we in een bereik tussen ongeveer 20 Hz en 200 Hz. Uit onze waarnemingen blijkt dat de dominante frequenties in een betrekkelijk smalle band tussen 40 Hz en 80 Hz voorkomen. Bij deze frequenties is "compliance-matching" belangrijk teneinde een minimale verzwakking in de overdracht te bewerkstelligen. De resolutie van de transducent moet tenminste één orde van grootte beter zijn dan de kleinste uitwijkingen aan de moederbuik. Dit resulteert in een resolutie van ongeveer 100 nm.

Verschillende meetprincipes kunnen toegepast worden om de kleine uitwijkingen van de maternale buikwand te meten:

- optisch: interferometrie of diffractometrie (1,2),
- piëzo-elektriciteit (3,4),
- rekstrook-technieken,
- elektrodynamische principes zoals omzetting naar verandering van capaciteit of zelfinductie (5).

Veel van de bovengenoemde principes zijn echter onbruikbaar voor toepassing in een transducent voor registratie van foetale bewegingen. De optische methode maakt gebruik van een laser en vereist door zijn delicate opbouw aanzienlijke mechanische ondersteuning bij de constructie. Dit resulteert in een nogal dure opnemer. Bovendien is de bevestiging aan de buikwand vrij kritisch.

De frequentierespons van piëzo-elektrische opnemers is onvoldoende voor de betrekkelijk lage frequenties die tengevolge van foetale bewegingen ontstaan. Verder wordt de meting nadelig beïnvloed door termische instabiliteit en ruis van de ingangstrap bij frequenties beneden ca. 5 Hz.

Toepassing van rekstrookjes is slechts zinvol na een mechanische impedantietransformatie. Immers, de stijfheid van rekstrookjes vormt een belasting voor het weefsel waardoor de gevoeligheid sterk afneemt. Bij mechanische impedantietransformatie treden meestal aanzienlijke verliezen op.

Omzetting volgens het elektrodynamische principe lijkt de beste oplossing te geven. Vaak wordt dan direct aan capacitieve opnemers gedacht. Een van de problemen die zich bij deze opnemers voordoen, is de betrekkelijk geringe capaciteits-verandering als functie van de verplaatsing en de inherente non-lineariteit in sommige constructies. Speciale technieken zijn vereist om veranderingen nauwkeurig te meten en om capacitieve strooieffekten te vermijden.

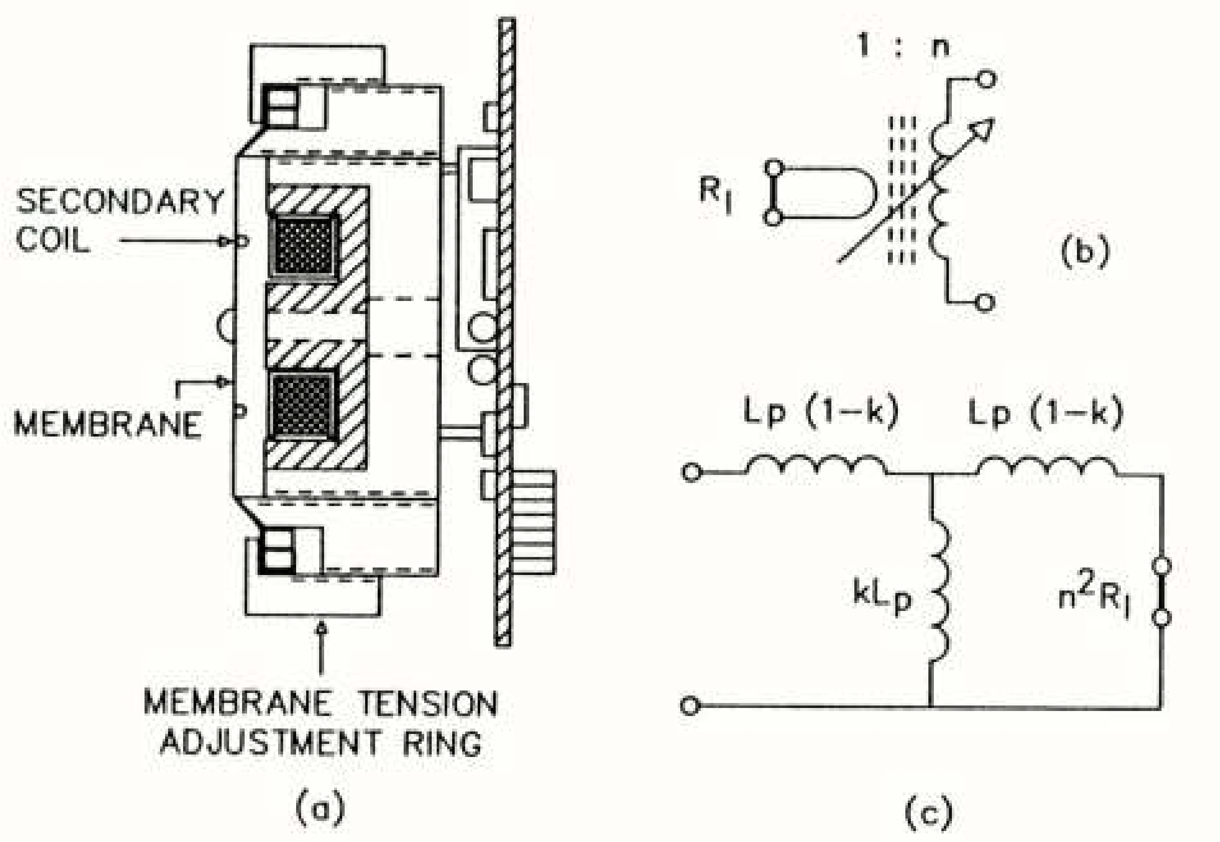
Een recente ontwikkeling is een inductieve opnemer waarbij verplaatsingen aan de maternale buikwand overgebracht worden op een membraan. Door de membraanspanning instelbaar te maken is aanpassing aan de compliantie van het weefsel mogelijk zodat een optimale overdracht verkregen kan worden (6).

Verplaatsing van het membraan wordt hierbij omgezet in verandering van zelfinductie van een spoel welke deel uit maakt van een oscillatorschakeling.

Principe van de inductieve opnemer

In Fig. 1(a) is een dwarsdoorsnede van de INductieve PHOno sensor

(INPHO), zoals die bij de vakgroep Medische Fysica en Informatica van de Vrije Universiteit ontwikkeld is, weergegeven. Het systeem bestaat uit een vaste primaire spoel en een secundaire kortgesloten winding die aan een membraan bevestigd is. Verplaatsing van het membraan resulteert in een variatie van de koppeling tussen kortgesloten secundaire en vaste primaire wikkeling. De compliantie van het membraan is instelbaar door rotatie van een ring waarmee de membraanspanning ingesteld wordt. Hiermee zijn instellingen mogelijk tussen 0,5 mm·N^{-1} en 5,0 mm·N^{-1}. In Fig. 1(b) is het electrische model weergegeven terwijl Fig. 1(c) een vervangschema hiervan is.



Figuur 1 Inductieve opnemer

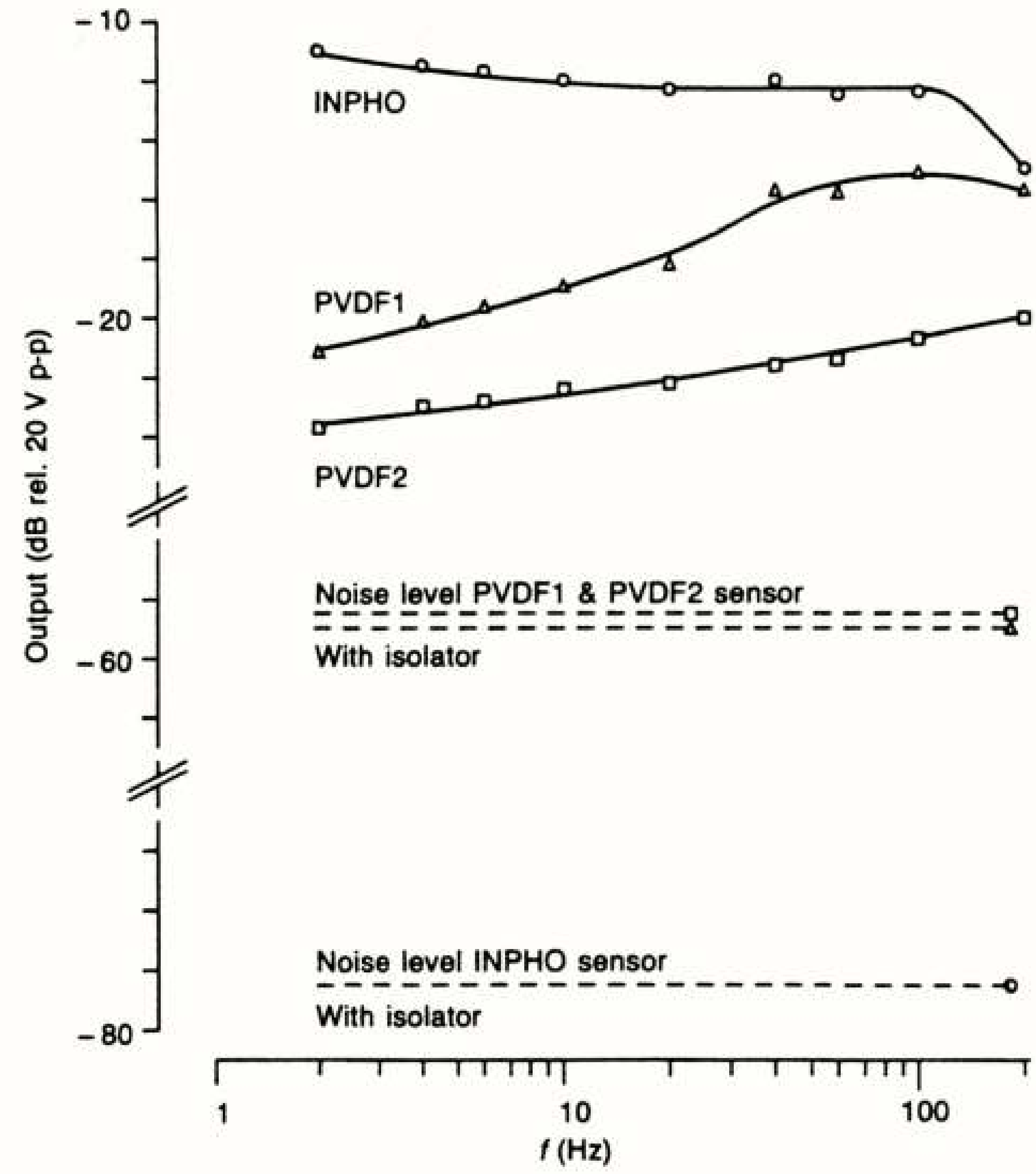
Uit het vervangschema valt af te leiden dat de totale zelfinductie maximaal is indien $R_l = \infty$ en minimaal bij $R_l = 0$. We kunnen aantonen dat de verandering van zelfinductie gegeven wordt door:

$$\frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max}} = \frac{L_p-(1-k^2)\, L_p}{L_p} = k^2$$

Aangezien de zelfinductie van de sensor evenredig met k^2 verandert, ligt het voor de hand deze deel uit te laten maken van een oscillatorschakeling. De hierdoor opgwekte frequentie zal dan evenredig met k en dus evenredig met de verplaatsing van het membraan zijn. De bevestiging van de kortgesloten winding op het membraan is niet eenvoudig en brengt een aantal problemen met zich mee. Daarom is in het definitieve ontwerp gekozen voor vervanging van de kortgesloten winding door een metalen plaatje dat op het membraan aangebracht wordt.

De bandbreedte van het systeem bedraagt DC - 200 Hz (± 1,5 dB) maar voor het foetale bewegingskanaal is een hoogdoorlaat-kantelpunt bij 0,1 Hz aangebracht. Het dynamische bereik van de sensor is op twee manieren bepaald. Op de meettafel werd het membraan vervangen door een gefixeerd metaalplaatje. In deze situatie bleek ruisbijdrage kleiner dan -96 dB t.o.v. het meetbereik (0,5 mm) van de sensor. Om een indruk te krijgen van het ruisniveau in de praktische situatie werd het uitgangssignaal gemeten in een trillingsvrije ruimte. Hierbij werd een ruisbijdrage van -78.5 dB gemeten. De lineariteitsfout bleek bij toepassing van het metaalplaatje groter dan bij de kortgesloten winding en bedroeg 10% over een bereik van 0.5 mm. De foetale bewegingen die voor onderzoek interessant zijn produceren uitwijkingen tot ongeveer 100μm zodat de niet-lineariteit minder dan 2% bedraagt. Dit is een zeer goede waarde voor het gestelde doel.

Uit een vergelijkend onderzoek met sensoren uit Cambridge en Edinburgh (7) bleek dat de inductieve INPHO-sensor zich duidelijk anders gedraagt dan piëzo-elektrische opnemers (PVDF). Zoals in Fig. 2 blijkt is er een verschil in frequentieafhankelijkheid waarbij de INPHO een duidelijk vlakkere karakteristiek vertoont.

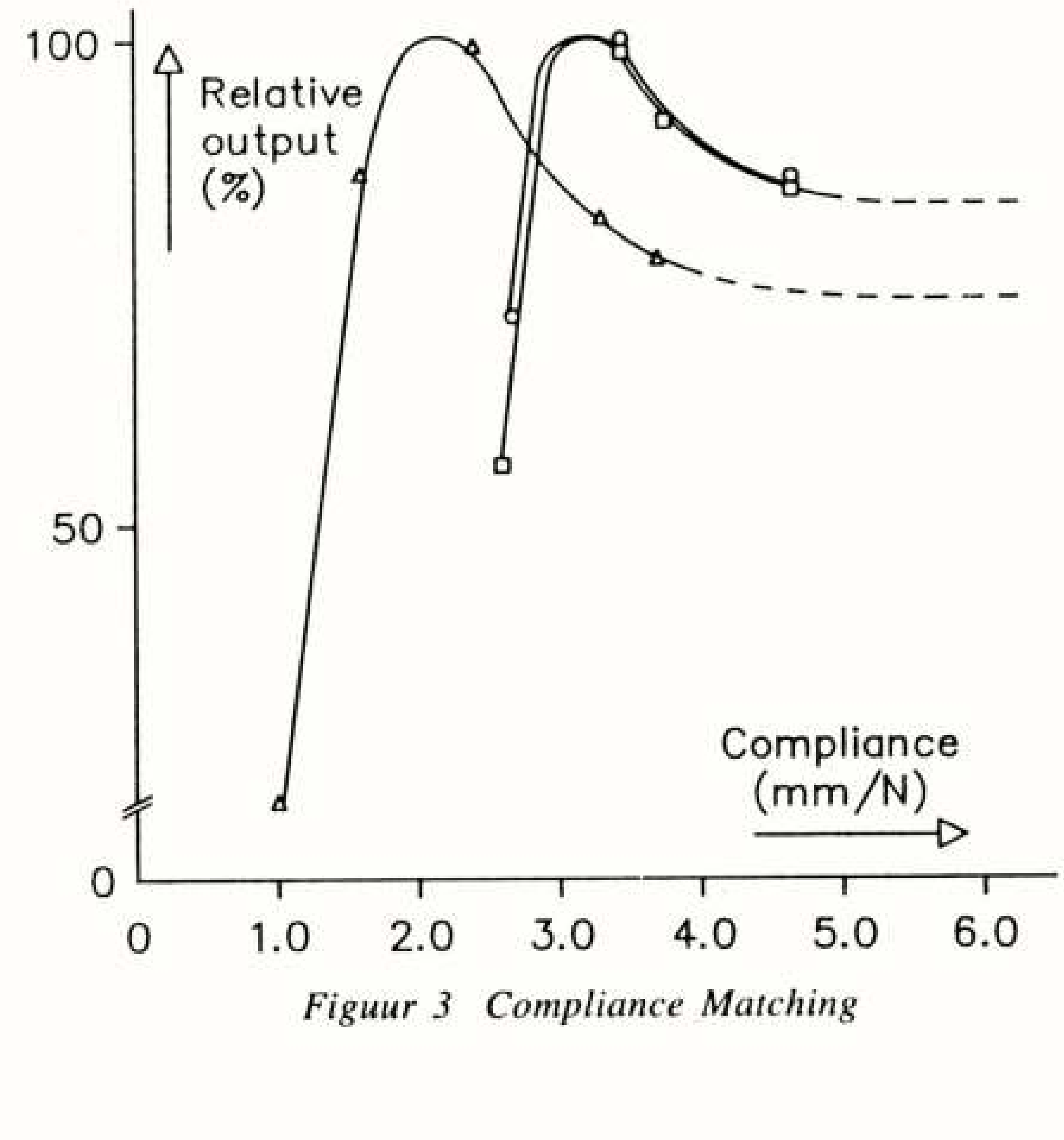


Figuur 2 Vergelijking van drie sensoren

Reeds eerder is het begrip "compliance matching" aan de orde geweest. Om het effect hiervan te verduidelijken, kunnen we het beste nagaan welke effekten optreden tussen weefseloppervlak en meetelement in de volgende drie situaties.

- De compliantie van het meetelement is klein t.o.v. die van het weefsel. Dit heeft tot gevolg dat de deflecties verzwakt worden door de belasting van het meetelement.
- De compliantie van het meetelement is groot t.o.v. die van het weefsel. In deze situatie worden de deflecties verzwakt door absorptie.
- De compliantie van het meetelement is gelijk aan die van het weefsel. Nu treedt slechts een geringe verzwakking op gelijk aan die wanneer de drukgolf verder door het weefsel voortgeleid zou worden.

In het laatste geval is er sprake van een optimale aanpassing van de transducent aan het weefsel: de zgn. "compliance matching". In Fig. 3 zijn de resultaten van "compliance matching" te zien voor drie patienten. De

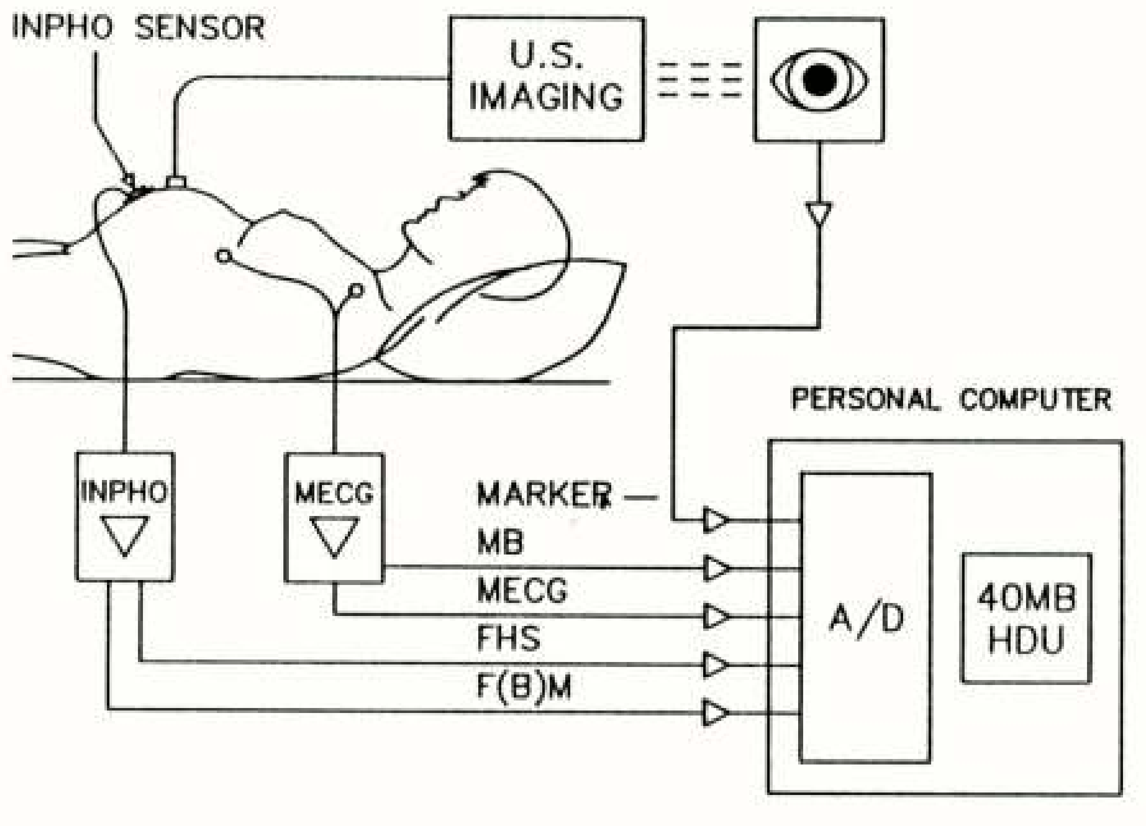


Figuur 3 Compliance Matching

getrokken lijnen zijn gebaseerd op de meting terwijl de gestippelde lijn een voortzetting is op basis van de theorie dat voor grotere waarden van de compliantie de overdracht overwegend door de massademping bepaald wordt.

Meetopstelling

In Fig. 4 is de meetopstelling weergegeven zoals deze in de kliniek wordt toegepast. De INPHO-opnemer wordt doorgaans geplaatst in een gebied van enkele centimeters onder de navel. De positie wordt gefixeerd met behulp van dubbelzijdig klevend materiaal. Foetale bewegingen worden via echoscopie geïdentificeerd en de bijbehorende markering wordt op een apart kanaal geregistreerd. Registratie vindt plaats met behulp van een 12-bit A/D-converter in een Olivetti M290 AT computer. Alle kanalen worden simultaan op het beeldscherm zichtbaar gemaakt. Het INPHO-signaal voor foetale (adem-)bewegingen (F(B)M) wordt bemonsterd met 50 Hz terwijl dit voor foetale harttonen (FHS) met 500 Hz plaats vindt.



Figuur 4 Meetopstelling

Het maternale ECG (MECG) is vereist om invloeden van maternale circulatie op het FHS-signaal te kunnen vaststellen. Via de elektroden, waarmee het MECG gemeten wordt, kan gelijktijdig een signaal van de moederademhaling (MB) afgeleid worden door impedantiemeting. Het aldus verkregen signaal wordt weer gebruikt als referentie voor een adaptief filter waarmee de MB-komponent uit het F(B)M signaal verwijderd kan worden.

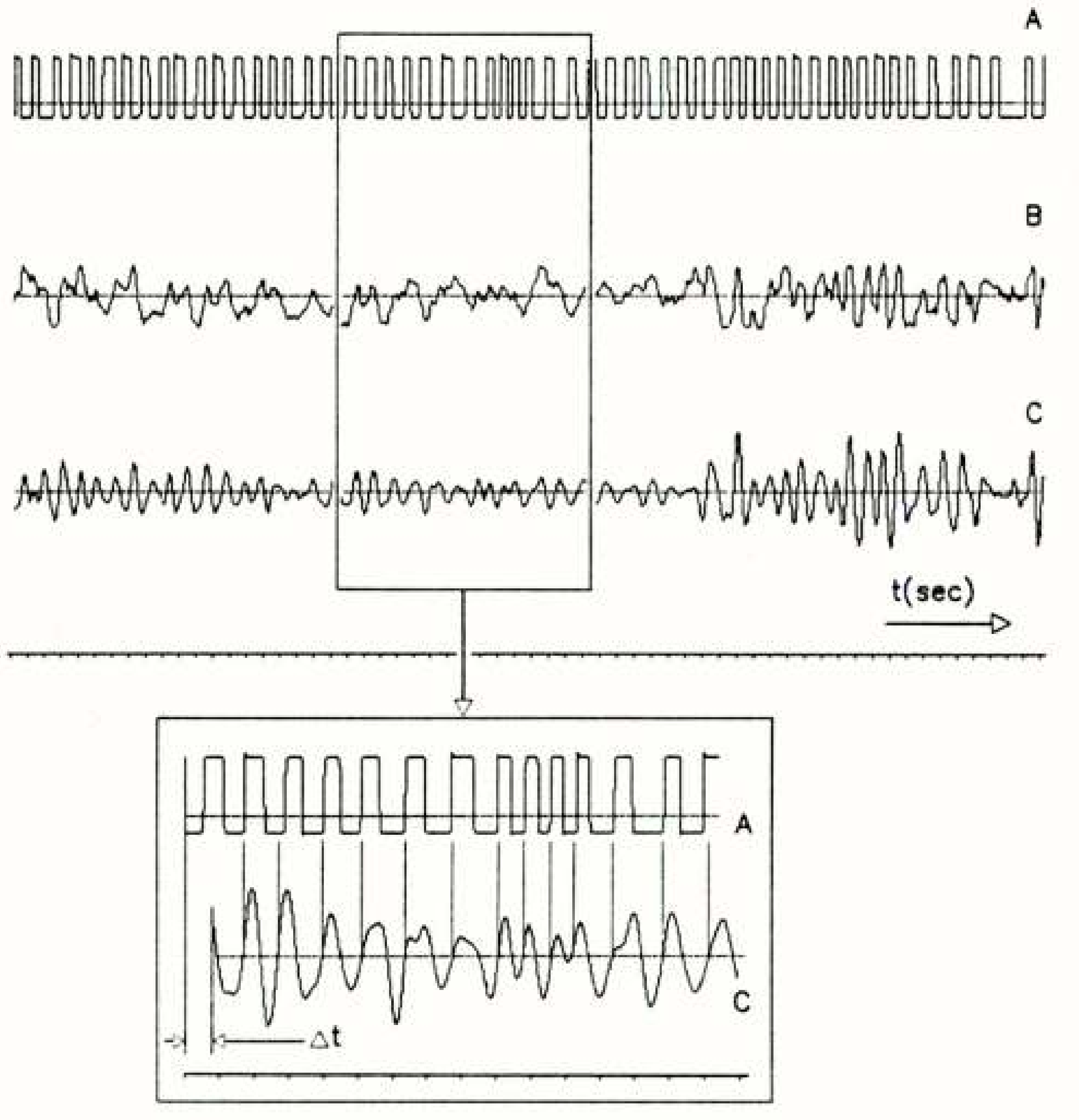
Meetresultaten

Foetale adembewegingen

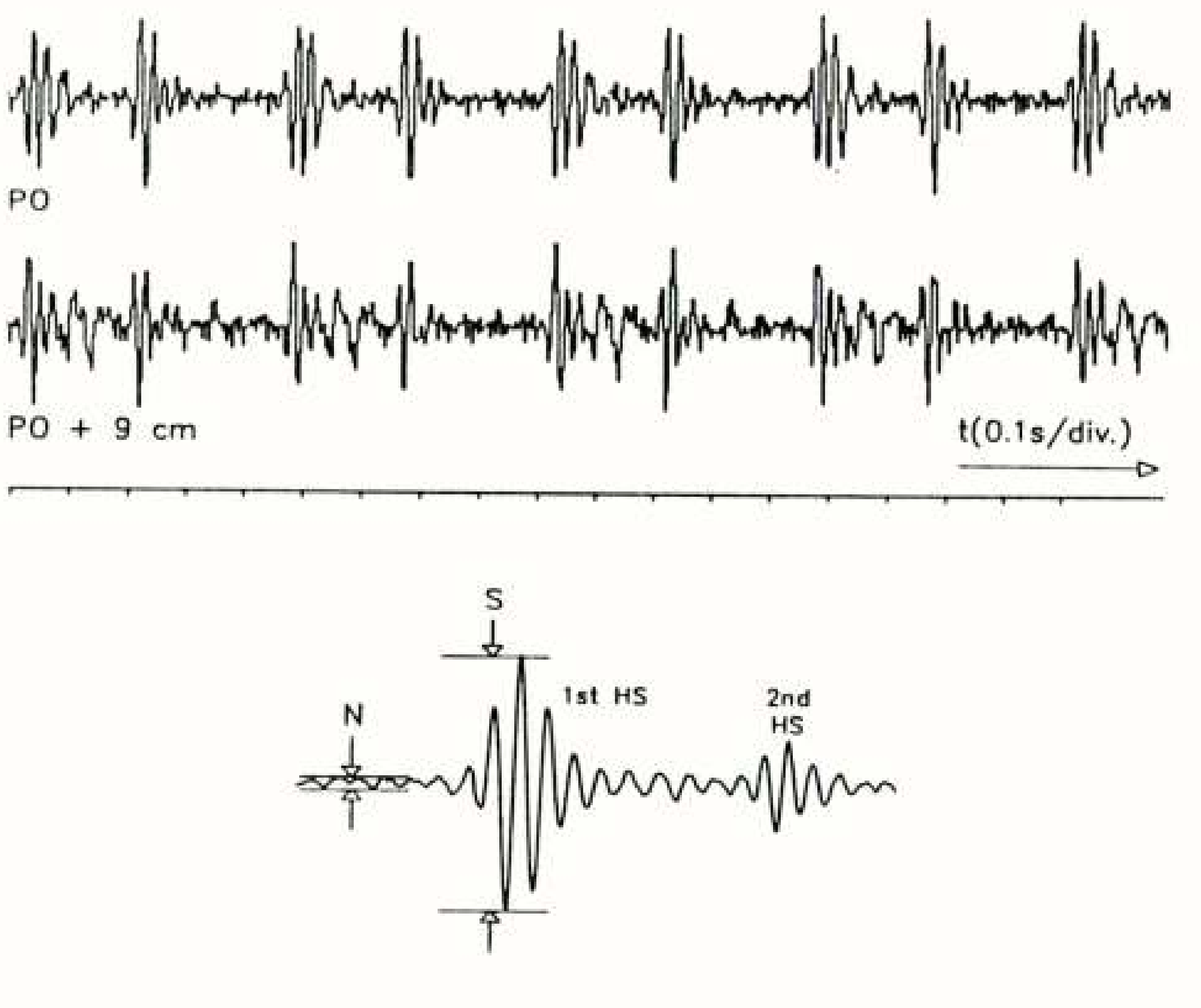
Een registratie van foetale adembewegingen is in Fig. 5 te zien. Het bovenste kanaal (A) bevat de markering afkomstig van echoscopie waarneming. Het middelste kanaal (B) is het F(B)M signaal en het onderste kanaal (C) bevat het digitaal gefilterde F(B)M signaal in een frequentie band van 0,5 Hz - 2,0 Hz. Het valt op dat de amplitude van de ademhaling licht variëert met een plotselinge toename aan het einde. Daar iedere andere beweging van de foetus tijdens deze observatie duidelijk zichtbaar zou moeten zijn, mogen we aannemen dat zijn positie ongewijzigd bleef. De uitsnede onder de registratie laat zien dat, na correctie voor de reactietijd van de waarnemer, Δt, een 1-1 relatie tussen markering en INPHO-signaal aangetoond kan worden.

Foetale harttonen

Teneinde een indruk te verkrijgen over de mate waarin de sensor in staat is FHS te meten, is een signaal/ruis-verhoudingsmeting (S/N) opgezet. Bij vijf patienten zijn gedurende ongeveer 45 minuten FHS opgenomen. Voor iedere registratie werd over 50 hartslagen de signaalamplitude (S) vergeleken met de ruisamplitude (N) zoals onder in Fig. 6 te zien is. Tevens is nagegaan hoe kritisch de positionering van de opnemer was. Hiertoe is een opnemer bevestigd in het "punctum optimum", het punt met het sterkste signaal. Dit werd vastgesteld met een stethoscoop. Vervolgens werd een tweede



figuur 5 Foetale adembeweging

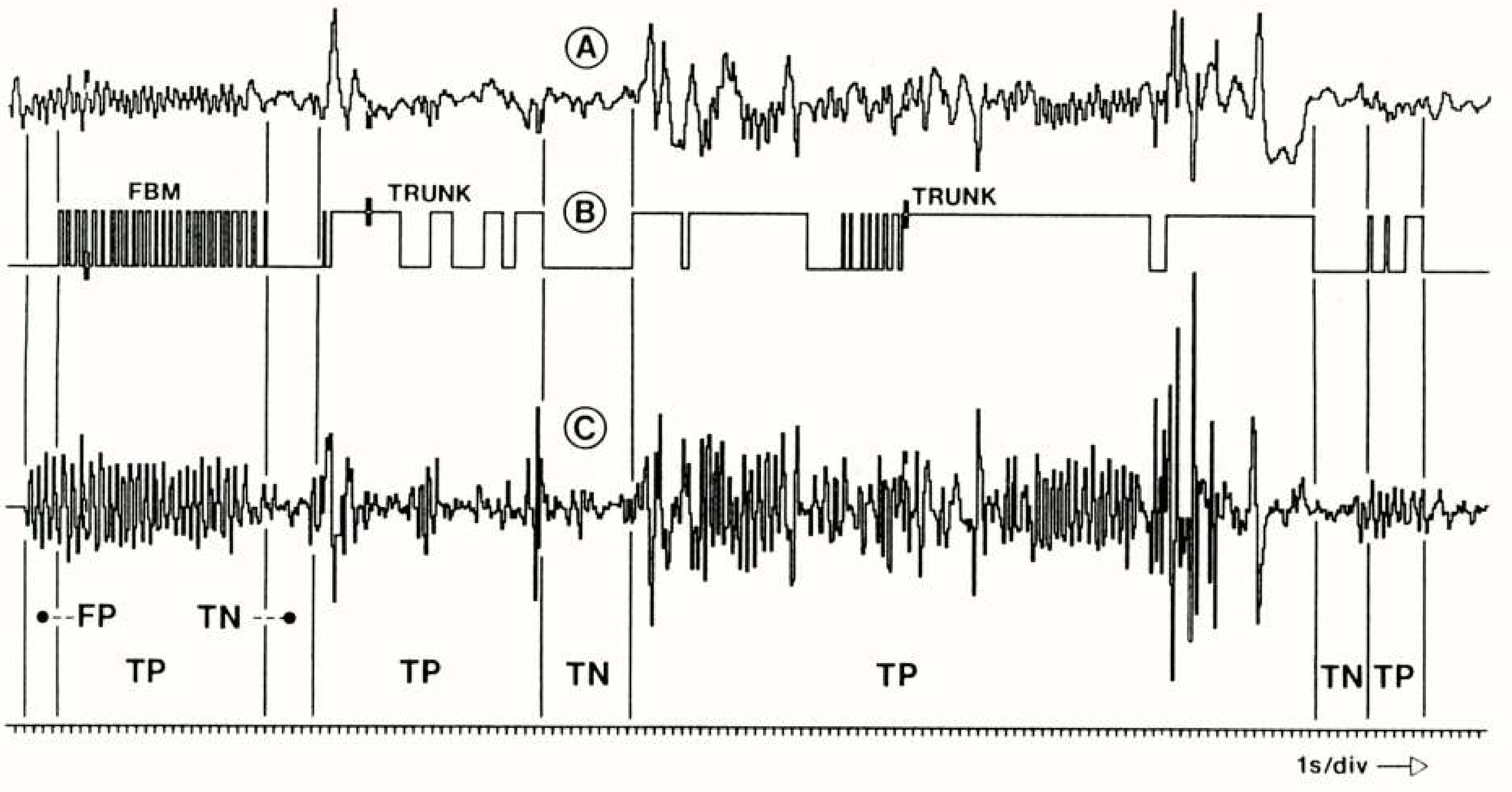


Figuur 6 FHS - Registraties

opnemer op verschillende posities in een straal van 9 cm rond de referentieopnemer geplaatst. In Fig. 6 is hiervan een registratie gegeven. De tweede opnemer registreerde meestal FHS met S/N > 4 terwijl in de optimale positie S/N > 15 werd gemeten.

Foetale bewegingen

In Fig. 7 wordt een typisch voorbeeld van een foetale bewegingsregistratie gegeven. Er is nagegaan in welke mate het INPHO-signaal overeenkomt met de waarnemingen op het ultrageluidsbeeld. De ultrageluidsmarker is als referentie genomen en werd als "true" (T) gedefiniëerd wanneer bewegingen op het beeldscherm herkenbaar waren. De overige situaties werden als "false" (F) aangemerkt. Evenzo werd het INPHO-signaal als "true" gekenmerkt wanneer duidelijke deflecties aanwezig waren en in de overige situaties als "false". Er zijn nu vier toestanden mogelijk: true positive [TT], false negative [TF], false positive [FT] en true negative [FF]. De registratie van Fig. 6 is



Figuur 7 Foetale bewegingsregistratie

ingedeeld naar het voorkomen van deze vier toestanden. Alleen data segmenten met ongeveer gelijke incidentie en absentie van bewegingen zijn voor een analyse gebruikt. De totale geana-lyseerde duur was 2 uur en 15 minuten.

Uit de analyse komen de volgende cijfers met betrekking tot de betrouwbaarheid van de waarnemingen naar voren.

Sensitiviteit	= TP/(TP+FN)	= 0,79
Specificiteit	= TN/(TN+FP)	= 0,90
Nauwkeurigheid	= (TP+TN)/(TP+FN+FP+TN)	= 0,85
Pos. pred. value	= TP/(TP+FP)	= 0,86
Neg. pred. value	= TN/(TN+FN)	= 0,85

Deze cijfers geven aan dat de INPHO sensor heel wel bruikbaar zou kunnen zijn voor "monitoring" van foetale bewegingen. Verder onderzoek is echter vereist; met name voor wat betreft de mate van storing afkomstig van bewegingen van de moeder. De gegevens zijn onderworpen aan spectraal analyse. Als voorlopig resultaat komt hieruit naar voren dat zgn. rollende bewegingen een spectrale bijdrage leveren rond 0,2 Hz. Bij rompbewegingen ligt dit bij 0,3 Hz terwijl bewegingen van de extremiteiten een bijdrage leveren bij frequenties tussen 0,4 Hz en 0,6 Hz.

Conclusies

We mogen concluderen dat de INPHO sensor in staat is om foetale (adem-)bewegingen en harttonen te meten. In het bijzonder zijn non-invasieve meetwijze en het gedrag bij frequenties beneden 5 Hz maken hem bij uitstek geschikt voor langdurige meting van foetale bewegingen. In de praktijk blijkt dat foetale harttonen niet altijd even goed gemeten kunnen worden. Verder onderzoek is gewenst naar de onderliggende mechanismen die plotselinge veranderingen in amplitude van de tonen veroorzaken. Op de meettafel is een dynamisch bereik van meer dan 96 dB vastgesteld. Om een indruk te verkrijgen van het ruisniveau in de praktische situatie is de output van de sensor gemeten in een kooi van Faraday, opgesteld in een trillingsvrije ruimte. Hierbij werd een dynamisch bereik gemeten van 78,5 dB hetgeen overeenkomt met een resolutie van ongeveer 50 nm in de klinische situatie.

De mogelijkheid om de compliantie van de transducent in te stellen, is zinvol bij het meten van foetale harttonen. Het blijkt dat een optimale aanpassing te bewerkstelligen is waardoor zwakke signalen, afkomstig van b.v foetale harttonen, goed gemeten kunnen worden.

De constructie van de transducent is eenvoudig en sterk; de reproduceerbaarheid is groot. Er zijn drie exemplaren vervaardigd die binnen de lineariteitsafwijking gelijk aan elkaar zijn en dezelfde gevoeligheid vertonen.

Literatuur

[1] Aubert AE, Welkenhuysen L, Montald J, de Wolff L, Geivers H, Minten J, Kesteloot H and Geest H (1984) Laser Method for Recording Displacement of Heart and Chest Wall. Journ. Biomed. Eng., 6, 134-140.

[2] Morgenstern J and Wolf P (1989) A laser interferometer to measur fetal heart activity. Clin. Phys. Physiol. Meas., Vol. 10, Suppl. B, 75-78.

[3] Davies WL, Talbert DG, Johnson F, Abraham N, Colley N and Southall DP (1985) Fetal Phonocardiography: Modelling of the TAPHO transducer and applications of a transducer with an alternative active element. Proc. XIV ICMBE and VII ICMP, Espoo, Finland, 478-479.

[4] Talbert DG, Lyn Davies W, Johnson F, Abraham N, Colley N, and Southall DP (1986) Wide Bandwidth Fetal Phonography Using a Sensor Matched to the Compliance of the Mother's Abdominal Wall. IEEE Trans. Biomed. Eng. BME-33, 2, 175-181.

[5] Lion KS (1956) Instrumentation in Scientific Research: Electrical Input Transducers. McGraw-Hill Book Company, New York, 52-56.

[6] Goovaerts HG, Rompelman O and van Geijn HP (1989) A Transducer for Detection of Fetal Breathing Movements. IEEE Trans. Biomed. Eng. BME-36, 4, 471-478.

[7] Goovaerts HG, Cohen D, Dripps JH, Rompelman O and Jongsma HW (1991) A comparative experimental study of fetal pho-no- and movementsensors from Amsterdam, Cambridge and Edinburgh. Clin. Phys. Physiol. Meas., Vol. 12, 1, 55-64.

Voordracht gehouden tijdens de 419e werkvergadering

HET ONTWERPEN VAN MICROFOONS IN SILICIUM TECHNOLOG

Prof. Dr.Ir.P.Bergveld
MESA Research Instituut, Universiteit Twente



Summary

Designing microphones in silicon technology started in about 1983. The first design made use of the experience with conventional electret technology and therefore used silicon technology only for shaping of the backplate, adding a layer of Teflon for the electret and a Mylar membrane as the microphone diaphragm. In a later design silicon oxide was used as the electret material. More recently an alternative design was constructed using the sacrificial layer technology and a silicon nitride diaphragm as well as backplate. This design is especially suited to integrate a CMOS preamplifier and a dc-dc converter for the microphone bias voltage.The application of feedback to improve the frequency characteristic is also discussed.

Inleiding

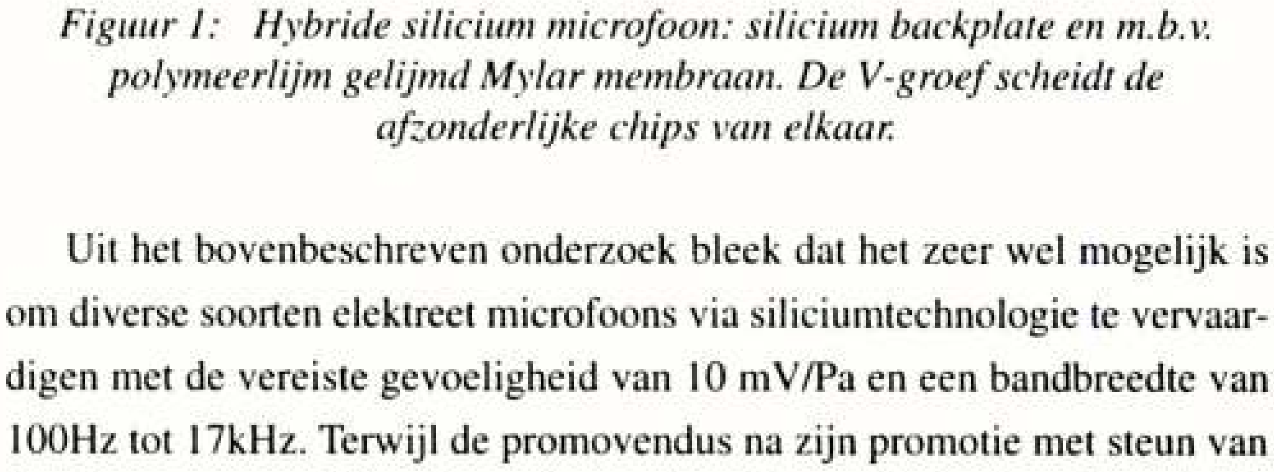
Het zal algemeen bekend zijn dat voor het construeren van sensoren de laatste jaren vooral de silicium technologie wordt aangewend, gebruikmakend van ervaringen in de IC-technologie, maar t.b.v. sensoren uitgebreid met, wat men tegenwoordig noemt: micro-systeem technologie. Men denkt daarbij met name aan het ontwikkelen van systemen waarbij het sensor deel is geïntegreerd met de randelektronica, om aldus het functioneren van het totale systeem beter te doen zijn dan de som van de individuele delen. Daarnaast zou het toepassen van siliciumtechnologie tot grotere reproduceerbaarheid leiden, alsmede tot lagere stuksprijzen.Alle drie facetten hebben een rol gespeeld bij de ontwikkeling van microfoons in siliciumtechnologie en zullen als leidraad dienen bij de verdere indeling van dit artikel.

Miniaturisatie van gehoorapparatuur

Het zal duidelijk zijn dat steeds verdergaande miniaturisatie één van de hoofdaandachtspunten is van fabrikanten van gehooraparatuur. Van de ontwikkeling van het "vestzak" gehoorapparaat uit de jaren vijftig tot het "in het oor" gehoorapparaat van tegenwoordig is een enorme prestatie geleverd door de componentenindustrie, met name t.a.v. de in te bouwen telefoontjes en microfoontjes. De"verbindende" elektronica is tegenwoordig klein genoeg, zelfs in programmeerbare vorm, zodat het streven naar miniaturisatie daar geen problemen van ondervindt. De telefoontjes zijn van oudsher van het elektromagnetische type, vanwege het te behalen rendement. De nieuwste typen zijn tegenwoordig uitgerust met een geïntegreerde vermogensversterker. Op dit gebied zijn nauwelijks verdere ontwikkelingen te verwachten, hoewel een nieuw principe waarbij hetzelfde vermogen via een kleiner volume te verkrijgen zou zijn welkom is. De meeste aandacht gaat uit naar het verkleinen van het microfoonvolume, gepaard gaande met een verbeterde signaal/ruis verhouding. Het toepassen van siliciumtechnologie ligt daarbij voor de hand.

Het ontwikkelen van de eerste silicium microfoons

De huidige microfoons voor gehoorapparatuur zijn alle van het capacitieve type, vanwege de te behalen gevoeligheid. De biasspanning van de microfoon wordt verkregen door in de luchtspleet een Teflon elektreet in te bouwen, waarmee een permanente biasspanning van 200 tot 400 Volt is te verkrijgen, waarmee in feite het elektrische veld in de luchtspleet wordt vastgelegd. De Teflon elektreet wordt als folie op de backplate gesealed en via een corona systeem beladen.Een gemetaliseerd Mylar membraan wordt op een afstand van circa 30μm over de backplate gespannen. Om de luchtweerstand in de luchtspleet zo klein mogelijk te laten zijn t.b.v. het behalen van een frequentiekarakteristiek tot 17kHz, is de backplate voorzien van een aantal akoestische gaten. Dergelijke elektreet microfoons worden uit de diverse genoemde onderdelen geassembleerd en in de behuizing voorzien van een hybride FET sourcevolger, inclusief een biasweerstand van enige GΩ's. Het ontwerp is weinig flexibel, vanwege de assemblage van aparte onderdelen, die ieder voor zich een eigen technologie vereisen. Even een backplate maken met afwijkende maten en aantal of positie van de akoestische gaten behoort niet of nauwelijks tot de mogelijkheden. Om hierin verandering te brengen kwam de auteur van dit artikel in 1983 op het idee om backplates te maken in siliciumtechnolgie. Holtes en gaten zijn simpel te etsen in silicium en aanpassen van het ontwerp is in feite niets anders dan het aanpassen van een masker. Het etsproces zelve verandert er niet door. Via de Stichting FOM werd een promovendus aangetrokken, die het eerste ontwerp realiseerde van een hybride silicium microfoon [1]. Hybride in die zin dat alleen de backplate in silicium werd uitgevoerd, 3x3 mm, terwijl de elektreet aanvankelijk nog bestond uit een Teflon folie en het membraan uit een gemetaliseerde Mylar folie, die m.b.v. fotolak op de backplate werd gelijmd. Tijdens het promotieproject werd tevens ontdekt dat ook silicium dioxide, dat via een temperatuurbehandeling gemakkelijk op de backplate is aan te brengen, zeer goed als elektreet is te gebruiken, mits het via een chemische behandeling hydrofoob is gemaakt.Het resultaat is weergegeven in figuur 1.



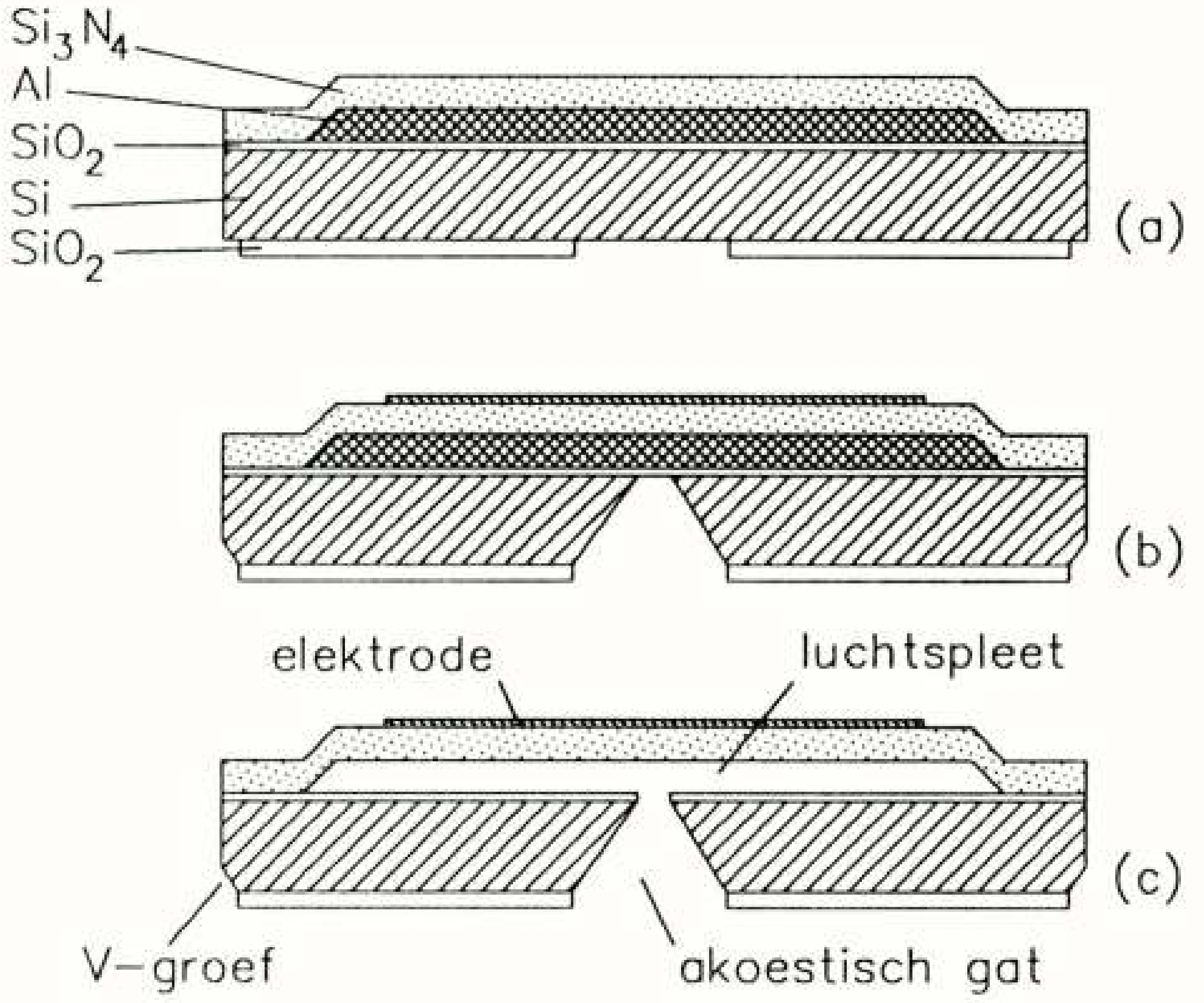
Figuur 1: Hybride silicium microfoon: silicium backplate en m.b.v. polymeerlijm gelijmd Mylar membraan. De V-groef scheidt de afzonderlijke chips van elkaar.

Uit het bovenbeschreven onderzoek bleek dat het zeer wel mogelijk is om diverse soorten elektreet microfoons via siliciumtechnologie te vervaardigen met de vereiste gevoeligheid van 10 mV/Pa en een bandbreedte van 100Hz tot 17kHz. Terwijl de promovendus na zijn promotie met steun van het Centrum voor Microelectronica en later Twente Technology Transfer in samenwerking met de firma Microtel, later Siemens, probeerde de door hem ontwikkelde microfoons op grote schaal te fabriceren, werden aan de Universiteit Twente twee nieuwe promovendi aangesteld, waarvan één via FOM, teneinde een verbeterd type silicium microfoon te ontwikkelen [2, 3] De verbetering moest bestaan uit een membraan dat via de silicium technologie is te fabriceren, ter vervanging van het Mylar membraan. Voorts moest er speciale elektronica worden ontwikkeld voor latere integratie met de microfoon, waarbij als speciale eis gesteld werd dat de signaal/ruis verhouding van het geheel verbeterd werd. Als technologie werd gekozen voor de zgn.

"sacrificial layer" technologie, als beschreven in de volgende paragraaf.

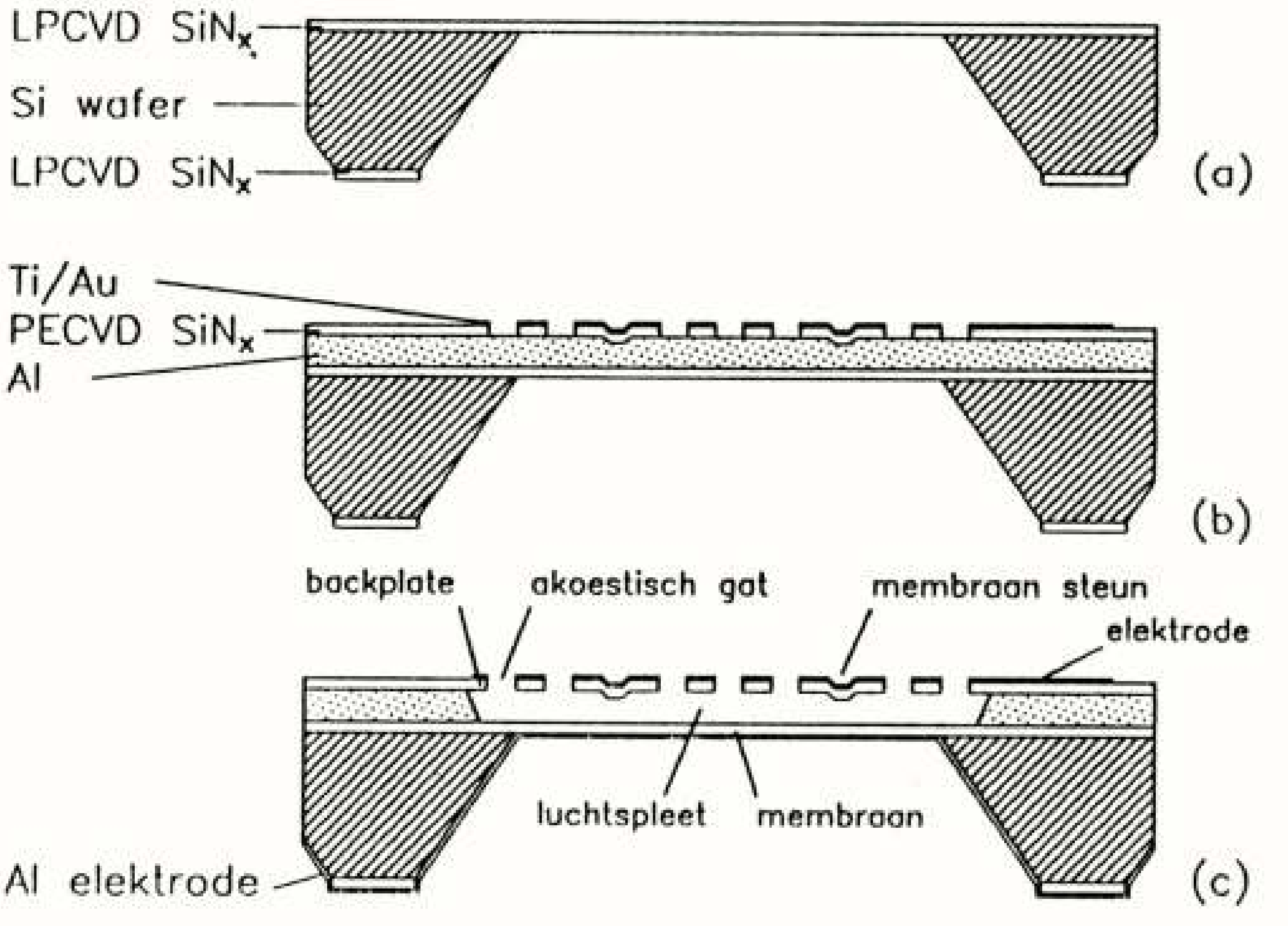
Microfoons gemaakt met de "sacrificial layer" technologie

Voor het microfoontje dat beschreven is in de vorige paragraaf (figuur 1) wordt gebruik gemaakt van het weg etsen van delen van de silicium bulk, om aldus een luchtspeetdikte te definiëren. Een andere technologie, die bekend staat als "surface micromachining", maakt gebruik van het eerst deponeren van een , meestal dunne, laag van etsbaar materiaal op het silicium. Dit is de zgn. "sacrificial layer", waarvan de laterale dimensies fotolithografisch worden bepaald. Hierover heen wordt het membraan gedeponeerd. Via etsgaten in het silicium wordt vervolgens de "sacrificial layer" gedeeltelijk weggeëtst, dus een vrij membraan overlatend. Als membraanmateriaal wordt meestal silicium nitride gebruikt, omdat het deponeren hiervan goed reproduceerbaar is met een bepaalde mate van membraan stress. Het principe is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Principe van de "sacrificial layer" technologie: (a) Al sacrificial layer met daar overheen Si_3N_4 membraan, (b) etsen via etsgaten aan de achterkant van de wafer, (c) etsgaten worden uiteindelijk gebruikt als akoestische gaten.

Het voordeel van de "sacrificial layer" technologie is in eerste instantie dat nu zeer dunne luchtspleten te fabriceren zijn onder membranen die niet silicium technologie onvriendelijk zijn, zoals in feite het geval was met het te plakken Mylar membraan. Hoewel een dunne luchtspleet een verhoogde gevoeligheid zou doen vermoeden, is dit niet direct het geval. De elektrostatische aantrekkingskracht tussen het gemetaliseerde membraan en de backplate voorkomt namelijk dat er een hoge bias spanning op de microfoon kan worden gezet, direct, dan wel via een elektreet. Voorts blijkt bij de constructie als weergegeven in figuur 2 dat de luchtdemping in de dunne luchtspleet zo groot is dat de microfoon bij lange na niet de gewenste frequentiekarakteristiek behaalt. Via een mechanisch/akoestisch model van het systeem is uit te rekenen dat deze luchtdemping alleen kan worden voorkomen door het aantal akoestische gaten in de backplate van 6 á 9, zoals in de oorspronkelijk microfoon (figuur 1), drastisch op te voeren tot enige honderden. Dit nu is een probleem bij het anisotroop etsen van gaten in silicium, omdat door de anisotropie en de gekozen kristalstructuur, de geëtste gaten een hoek van 55° vertonen met het vlak van de silicium wafer. Door "ruimtegebrek" aan de onderkant van de backplate, zijn er niet veel meer dan 9 gaten te etsen in een 3x3 mm backplate. Een oplossing voor dit probleem is weergegeven in figuur 3, waar a.h.w. het oorspronkelijke ontwerp "upside down" is gemaakt.



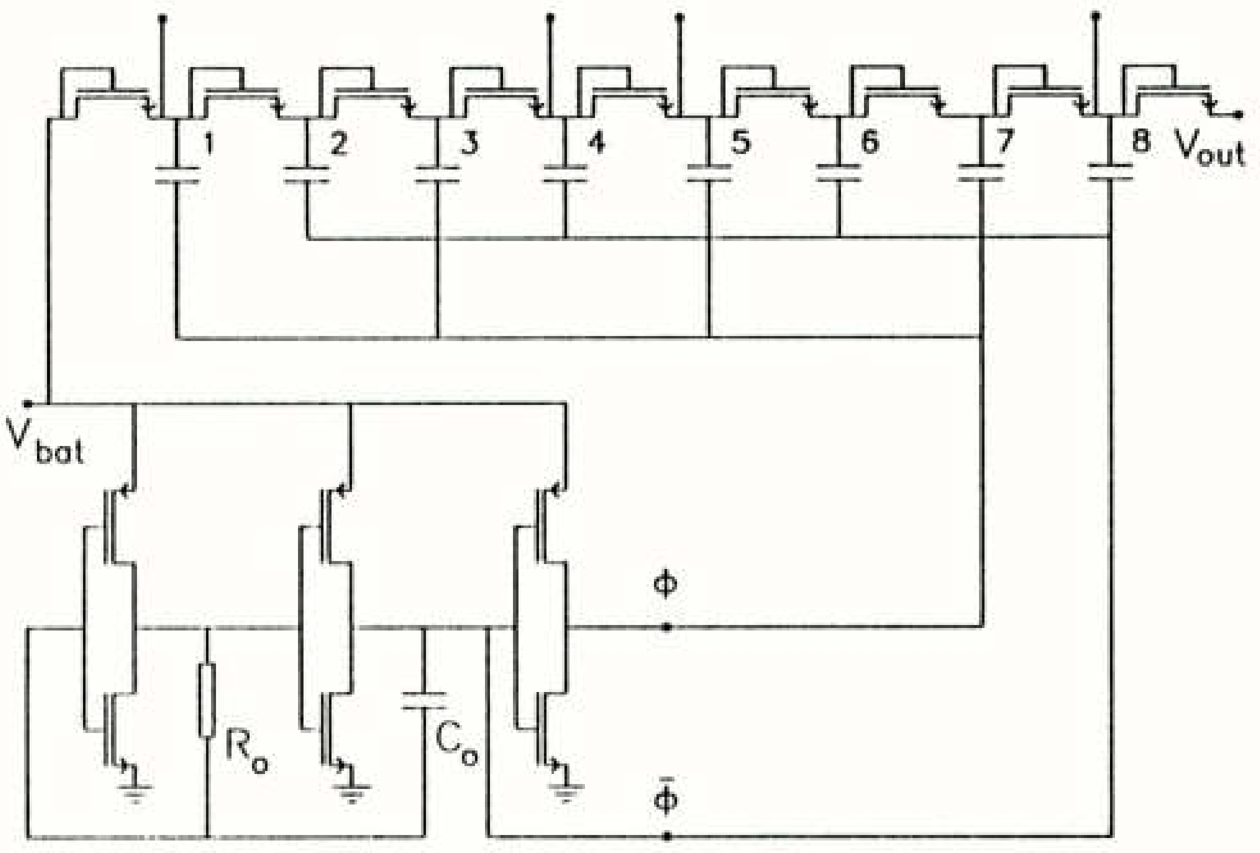
Figuur 3: Enkele processtappen van de silicium microfoon met membraan en backplate beide gemaakt van silicium nitride: (a) silicium nitride membraan vrijgeëtst vanaf de achterkant van de wafer, (b) Al sacrificial layer en tweede laag nitride, die dient als backplate aangebracht, (c) microfoon na etsen van sacrificial layer.

Het silicium wordt bij dit ontwerp eigenlijk alleen als steun voor het microfoon membraan gebruikt. Dit silicium nitride membraan wordt eenvoudig op het silicium gedeponeerd, en vrij geëtst via een etsgat in het silicium. Op het membraan wordt vervolgens een "sacrificial layer" laag aangebracht, waarover wederom een silicium nitride laag wordt gedeponeerd, die tevens gemetaliseerd wordt. In feite is de wafer in dit stadium simpelweg voorzien van een sandwich van lagen. In de metaallaag wordt vervolgens een patroon van vele gaten geëtst (honderden). Via deze gaten wordt tenslotte de "sacrificial layer" weggeëtst. De bovenste laag silicium nitride, met de vele gaten vormt nu de backplate. De etsgaten dienen nu als akoestische gaten. Het blijkt dat met deze constructie de vereiste bandbreedte tot 17kHz is te verkrijgen, maar de gevoeligheid is nog een factor 2 te klein, n.l. 5 mV/Pa. Dit moet in de toekomst verbeterd worden door het toepassen van een zeker golfpatroon (corrugations) in het membraan, waarmee de mechanische gevoeligheid van het membraan een factor 25 is te vergroten, zoals aangetoond met aparte experimenten. Het ontwerp als weergegeven in figuur 3 lijkt zeer geschikt voor het integreren van elektronische systemen, aangezien de technologie geen speciale IC technologie onvriendelijke processtappen bevat. Welke elektronica zinvol is om te integreren wordt in de volgende paragraaf behandeld.

Zinvolle integreerbare microfoon elektronica

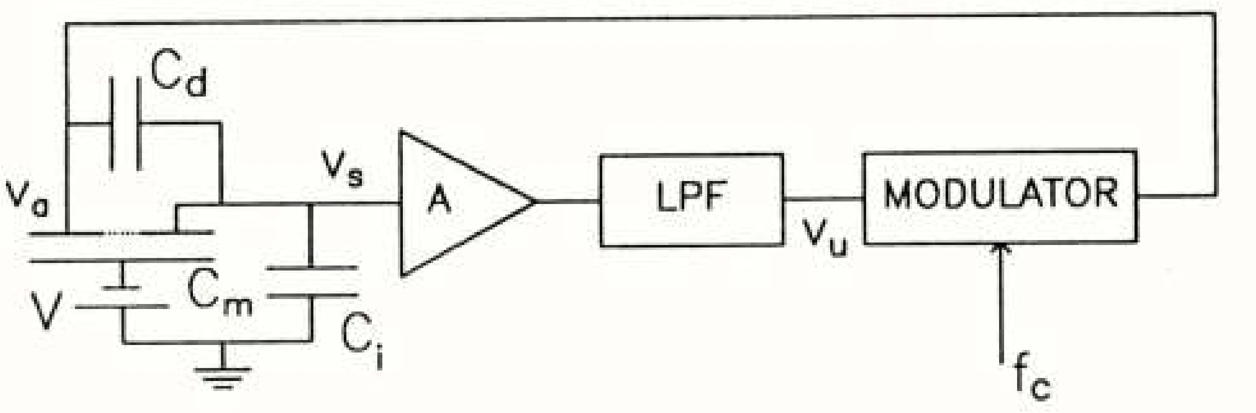
Terwijl de ene promovendus zich bezig hield met het ontwikkelen van een nieuwe technologie, bezon de ander zich op de noodzaak van het integreren van elektronica. Onderzoek naar het ruisgedrag van een microfoon met hybride MOSFET sourcevolger, voorzien van een bias weerstand van 5 GΩ, toonde aan dat de dominerende ruisbron de isolatie van het hybride circuit was, in samenhang met de aanwezige parasitaire bedradingscapaciteit. Door integratie wordt een isolatieweerstand vermeden en kan tevens de parasitaire capaciteit worden gereduceerd. Dit is de reden dat het integreren van de impedantieaanpassing van de microfoon een zinvolle zaak is. Nu de technologie een microfoon mogelijk maakt met zeer dunne luchtspleet, in de orde van 2μm, kan met een veel lagere biasspanning worden volstaan en wel in de orde van 10 Volt. Deze spanning hoeft nu niet langer via een elektreet te

worden "ingebouwd", toch al een IC-technologie onvriendelijke zaak, maar het lijkt zinvol om te onderzoeken of uit de voedingsspanning van 1,2Volt een hogere spanning is te creëren. Aangezien de microfooncapaciteit geen noemenswaardige belasting vormt voor een spanningsbron, komt een spanningsvermenigvuldiger in aanmerking. Hiervoor is de zgn. Dickson vermenigvuldiger gekozen en uitgevoerd in CMOS technologie, die ook voor de sourcevolger gebruikt wordt. De schakeling is weergegeven in figuur 4 en bevat naast een array van MOS diodes en capaciteiten ook het oscillatorcircuit waarmee pulsgewijs lading wordt doorgegeven aan de uitgangscapaciteit, in dit geval de microfooncapaciteit. Met deze schakeling kon uit een batterijspanning van 1,2 Volt een spanning van 4,7 Volt worden gehaald, aangesloten op een microfoon van het type als weergegeven in figuur 3, waarbij een microfoon gevoeligheid werd behaald van 7 mV/Pa, nog net niet genoeg om aan de specificaties van een gehoorapparaat te voldoen. Nadere studie is nodig naar optimalisatie van de elektronica in relatie tot het microfoonontwerp.



Figuur 4: Schakeling van Dickson dc-dc omzetter. Hierin zijn Ro en Co resp. de oscillatorweerstand en capaciteit en **Φ** *en* $\overline{\Phi}$ *zijn kloksignalen.*

Meer uit wetenschappelijke nieuwsgierigheid dan uit praktisch oogpunt is ook onderzocht of een microfoon waarvan de luchtdemping de frequentie- karakteristiek nadelig beinvloedt, via tegenkoppeling is te verbeteren. Dit welbekende principe uit de elektronica wordt nog weing toegepast bij sensoren, vermoedelijk door het ontbreken van geschikte actuatoren. In het geval van de capacitieve microfoon is een actuator echter simpel te vervaardigen, door gebruik te maken van de aantrekkende kracht tussen de twee condensatorplaten als er een spanning op wordt aangesloten. Voor het experiment werden microfoons gebruikt van het type als weergegeven in figuur 1, met een dunne luchtspleet. Het beperkte aantal akoestische gaten veroorzaakte een afval in de frequentiekarakteristiek bij 400 Hz. Door op het membraan in plaats van 1 elektrode 2 vingervormige elektroden aan te brengen kon een microfoon worden gemaakt waarvan 1 elektrode als microfoonelektrode dienst deed, terwijl de ander als actuatorelektrode kon worden gebruikt. Het tegenkoppelcircuit moet zo worden geschakeld dat, indien een geluidsgolf het membraan naar binnen doet bewegen, de actuator dit zoveel mogelijk tegen gaat. Aldus wordt de uiteindelijke membraan-beweging tot bijna nul terug gebracht en kan er dus ook geen invloed zijn van de luchtdemping in de luchtspleet. Een directe tegenkoppeling in het akoestische frequentiedomein bleek problemen op te leveren met de directe koppeling tussen de beide membraanelektroden, vanwege de grote parasitaire capaciteit. De oplossing voor dit probleem bleek te liggen in toepassing van het draaggolfprincipe, als weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Blok diagram van microfoon met tegenkoppeling. Hierin is C_m *de microfoon- capaciteit,* C_d *de parasitaire capaciteit,* C_i *de ingangscapaciteit v.d. versterker, V de biasspanning, Vs de microfoon uitgangsspanning,* V_a *de gemoduleerde actuatorspanning, LPF het laagdoorlaatfilter,* V_u *de uitgangsspanning van het laagdoorlaatfilter en* f_c *de draaggolffrequentie.*

De actuator werkt in principe op het akoestisch gemoduleerde hoogfrequent signaal, terwijl de parasitaire koppeling voor het hoog frequente signaal wordt geblokkeerd door het laagdoorlaat filter. Met deze schakeling kon de afvalfrequentie van het systeem van 400 Hz worden vergroot tot 8 kHz. Hiermee is aangetoond dat toepassen van het tegenkoppelprincipe bij sensoren ook heel goed uitvoerbaar is. Uit praktische overwegingen lijkt toepassing in het geval van de microfoon echter minder opportuun, aangezien via de technologie als weergegeven in figuur 3 op simpeler wijze microfoons zijn te fabriceren die zonder tegenkoppeling al voldoen aan de eisen.

Conclusie

Het toepassen van silicium technologie voor de fabricage van microfoons met geïntegreerde elektronica lijkt zeer zinvol en haalbaar. Aangezien het alleen al voor de gehoorapparatenindustrie gaat om miljoenen stuks per jaar, lijkt het omschakelen van de conventionele technologie naar een nieuwe technologie ook financieel haalbaar. Het is dan ook te verwachten dat een gehoorapparaat in de toekomst simpel kan worden samengesteld uit slechts 4 componenten: een batterij, een microfoon met geïntegreerde elektronica, een chip met programmeerbare verwerkingselektronica en een telefoon met geïntegreerde vermogensversterker.

Literatuur

De groep Biosensoren van het MESA Research Instituut van de Universiteit Twente heeft een groot aantal publicaties verzorgd op het gebied van silicium microfoons, alle gebaseerd op de drie proefschriften die tot op heden zijn verschenen, te weten:

[1] A.J.Sprenkels (1988) A silicon subminiature electret microphone, Proefschrift Universiteit Twente.

[2] A.G.H. van der Donk (1992) A silicon condenser microphone: modelling and electronic circuitry, Proefschrift Universiteit Twente.

[3] P.R.Scheeper (1993) A silicon condenser microphone: materials and technology, Proefschrift Universiteit Twente.

Voordracht gehouden tijdens de 419e werkvergadering

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
418e werkvergadering

UITNODIGIN G voor de gezamenlijke werkvergadering van het IEEE en het NERG op woensdag 8 december bij Philips Research, Prof. Holstlaan 4, Waalre

THEMA: CONSUMER ELECTRONICS.

PROGRAMMA:

09.00-09.30 uur: Ontvangst en koffie
09.30-10.30 uur: IEEE Annual Meeting (alleen voor IEEE-leden)
10.30-10.35 uur: Welcome
Drs. M.G. Carasso,
Director Philips Research
10.35-11.15 uur: Radio Receivers
Dr. W.G. Kasperkovitz,
Philips Research, Waalre
11.15-12.00 uur: Rechargeable Batteries: System Aspects
Prof.ir. K. Robers,
Philips Consumer Electronics, eindhoven
12.00-13.15 uur: Lunch, courtesy of Philips NV
13.15-14.00 uur: Digital Video Recorders for Consumer Use
Dr.H.W.Keesen,
Thomson Consumer Electronics, Deutsche Thomson-Brandt, Hannover
14.00-14.45 uur: Digital TV Broadcast Standards- Where is Europe today?
D. Wood,
EBU, Geneva, Switzerland
14.45-15.15 uur: Tea Break
15.16-16.00 uur: Digital TV Services
Drs. D. de Lang,
Philips Research, Waalre
16.00 uur: Closing Remarks

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden vóór 1 december aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 70 cent.

De toegang is gratis. Het aantal deelnemers is beperkt tot 125. Leden van IEEE en NERG hebben voorrang.

Namens het IEEE en het NERG,
Dr.ir. K.A. Schouhamer Immink
Dr.ir. J. Vanderschoot
Tel: 071-276 793

Some Physical and Physiological Aspects of Lung Sounds

J.M. Bogaard
Dept. of Pulmonary Diseases, University Hospital Dijkzigt,
Erasmus University Rotterdam



Abstract
In this article different aspects of lung sound analysis are described: the physiological and physical processes and the problems related to signal analysis. An example of signal analysis in a clinical investigation is given. Possibilities for phonopneumography are indicated.

Lung sound analysis is of great diagnostic importance for pulmonary physicians, offering a non-invasive tool in the physical examination of patients. The relationship between a physiological process and the ultimate detection and interpretation of lung sounds iş shown in Figure 1. Schematically, the processes can be divided into several steps.

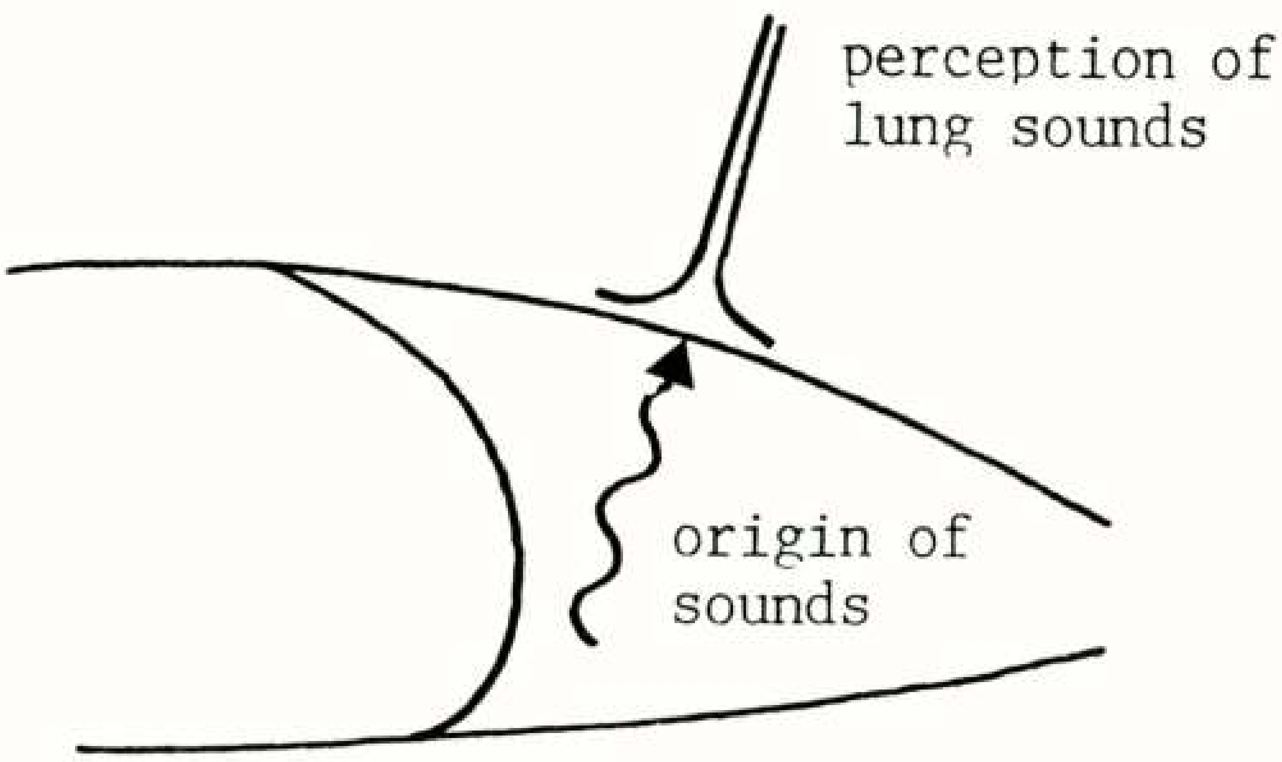


Figure 1. Lung sounds; from generation to perception.

1. The physiological process. Normal breath sounds, also called 'vesicular', are now considered to have their origin in the turbulent flow pattern occurring in the upper airways and at airway branchings. In turbulent flow, small parcels of gas move at random and the collision of these parcels is associated with transient pressure variations. This results in noise varying (at random) in amplitude, with an even frequency distribution between 200 and 2000 Hz. Sounds which are associated with bronchopulmonary pathology are termed adventitious or bronchopulmonary lung sounds. Wheezes can be considered as musical sounds: they can have a high or low 'pitch' (frequency), can be monophonic or polyphonic, of long or short duration and, moreover, can occur during inspiration, expiration or during the whole breathing cycle. In pulmonary pathophysiology wheezes are associated with vibration of the airway walls, which is known to occur in diseases as asthma and chronic bronchitis when airway obstruction occurs and flow is limited by complex mechanisms which cause 'flow limiting segments' in the airways. Another type of adventitious sounds are 'crackles'. These sounds can be classified as short, explosive, non-musical sounds: they can have a high or low frequency content, can be scanty or profuse, and may occur at discrete intervals during the breathing cycle. Crackles are generated when there is an abrupt removal of a partition separating two compartments containing gas of largely differing pressures. In patients with asthma, chronic bronchitis or a flaccid lung, airway closure may occur at end-expiration whereafter it is abolished abruptly during the first part of a subsequent inspiration, causing crackles. Crackles are also generated if the airways contain mucus or fluid, as for instance in pulmonary edema, or are compressed in stiff lungs as occurs in lung fibrosis.

2. The physical process.
The sound, generated as outlined above, is transmitted in a complex way to the surface of the thorax, the mouth, or the trachea. Within the airways, reflection of the sounds to the airway walls will conserve sound energy. Frequency dependent damping in the various parts of lung and thorax tissue, reflection and dispersion when transmission occurs between tissues with different density and elasticity, and different sound velocities in the various structures corroborate the relationship between the original sound which is generated and that picked up, for instance, at the thorax.

3. The technological problem.
Sensors placed, for instance, at the thorax surface have to accurately record pressure variations caused by thorax wall vibrations, with respect to both intensity and frequency content. For a review on sensor technology see e.g. [1].

4. Signal analysis.
The last stage in the 'phonopneumography' deals with analysis of the signals. The occurrence of specific sound characteristics over time, the relation to flow generated at the mouth, but also the conversion from the time domain to the frequency domain, in order to obtain a power spectrum, are aspects which aim at a complete analysis of lung sound behavior.

Physical processes determining transmission of lung sounds
Decrease of intensity with travelled distance. The sound front moves (in a homogeneous medium) from its origin as a sphere causing the intensity to decrease with the square of the radius. The stethoscope, developed by Laënnec [2], can be considered as a means to decrease the effect of intensity loss. The chest piece, as shown in Figure 2, converts the vibrations of the chest into pressure variations of air.

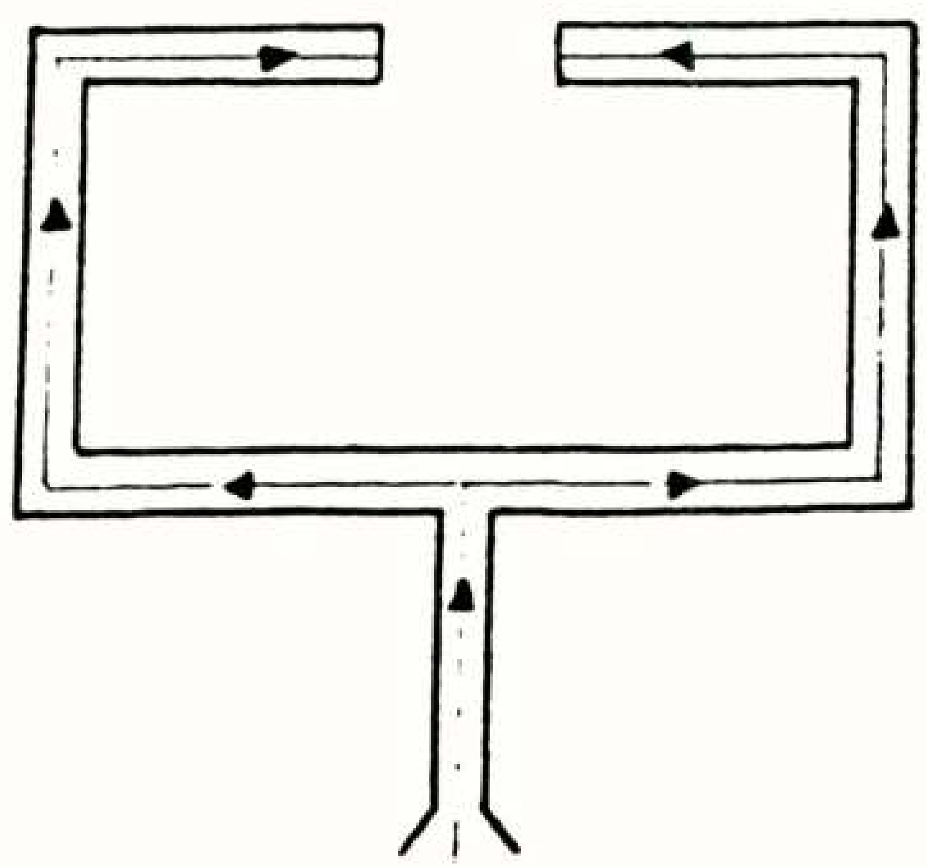


Figure 2. The stethoscope.

The energy of the pressure variations is conserved in the two tubes leading to both ears (binaural type); in the binaural type also extraneous noise is excluded. The high sensitivity of the ear for sounds, even of low intensity, enables a detailed and standardized classification of lung sounds. This method has been used used by physicians since the invention of the stethoscope about two centuries ago.

Frequency dependent damping of lung sounds. Figure 3 shows how breath sounds are attenuated and selectivily filtered by lung and thorax [3]. Normal breath sounds, if recorded at the mouth, contain a wide range of evenly distributed frequencies between 200 and 2000 Hz. From Figure 3 it can be seen that the lung and chest wall act as a low pass filter with a damping factor of 10-20 dB per octave. Physicians sometimes listen via the stethoscope at both the chest wall and the mouth to improve the diagnostic sensitivity.

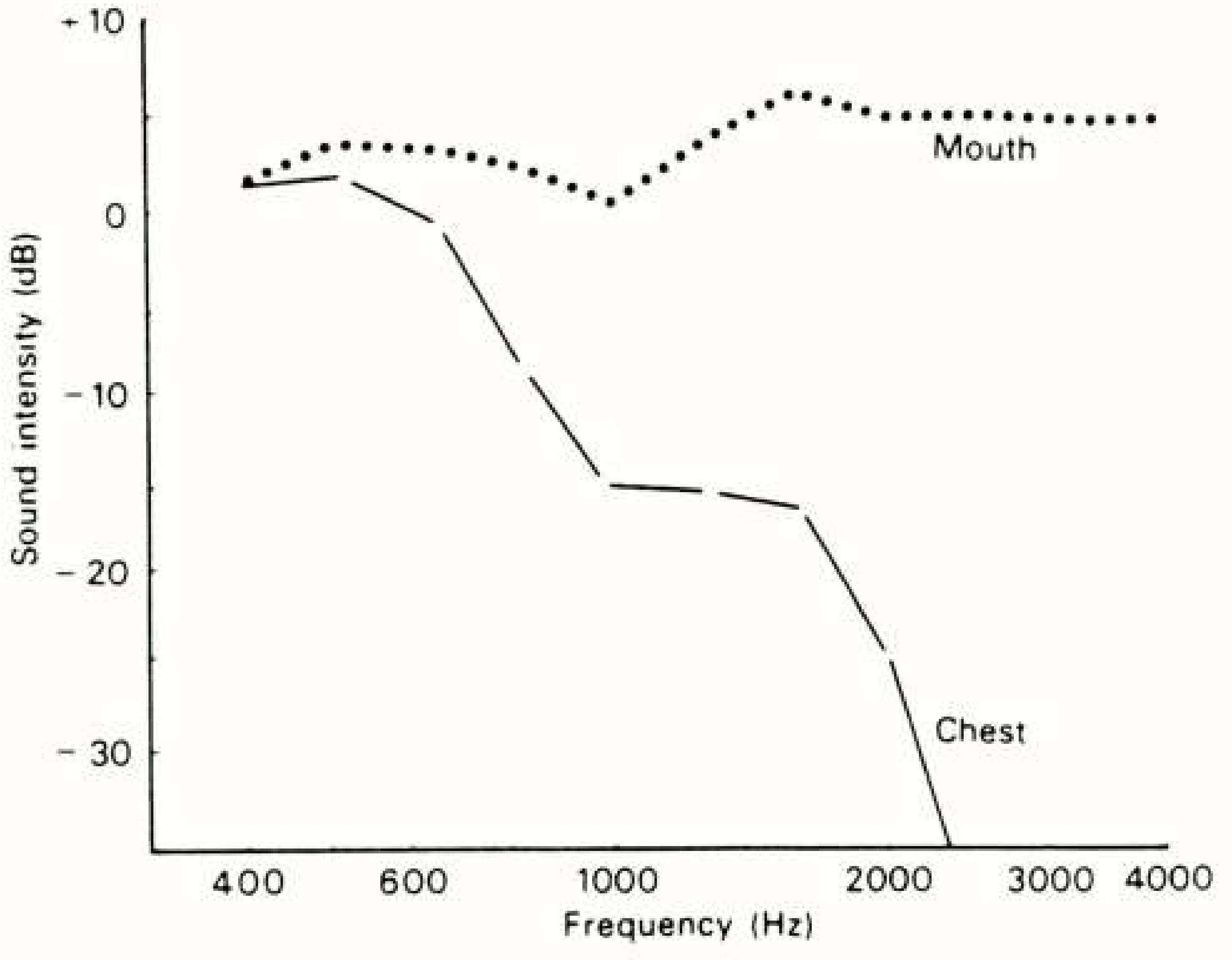


Figure 3. Simultaneous recording of breath sounds at the mouth and at the chest wall [3].

Dispersion of sounds. As in optical investigations, also in acoustics a travelling sound wave may be dispersed at transitions from, for instance, an airway to the surrounding tissue, or at the transition from one type of tissue to another. A sound wave is either travelling in unchanged directi-on, in changing direction, or reflected depending on the sound wave velocity in the various media.

Sound wave velocity. The sound wave velocity depends on the specific density and compressibility of a medium. In air the velocity is 348 m/s, whereas in e.g. soft tissue the velocity is 1500 m/s. Kraman [4] measured the sound wave velocity by generating sound impulses at the mouth and detecting them at the thorax wall. He found a sound wave velocity of only 20-30 m/s, which may be explained by the elastic properties of the lung tissue. Distortion and filtering of sound signals render this type of analysis very complex.

Relation of wheezes to physiological processes

For some time a discussion has existed on the origin of wheezes. Are they caused by standing waves in the larger airways, generating musical tones as in organ pipes, or are they caused by vibration of airway walls? Experimentally breathing a mixture of 80% helium and 20% oxygen does not change the frequency of a wheeze [2]. As shown in Figure 4, for the frequencies of an organ pipe (with open end), both first and further harmonics depend on the sound wave velocity and the length of the pipe. Due to the markedly lower density of the helium/oxygen mixture, when compared to air, the sound wave velocity is much larger which would cause an increase in frequency content of the lung sounds.

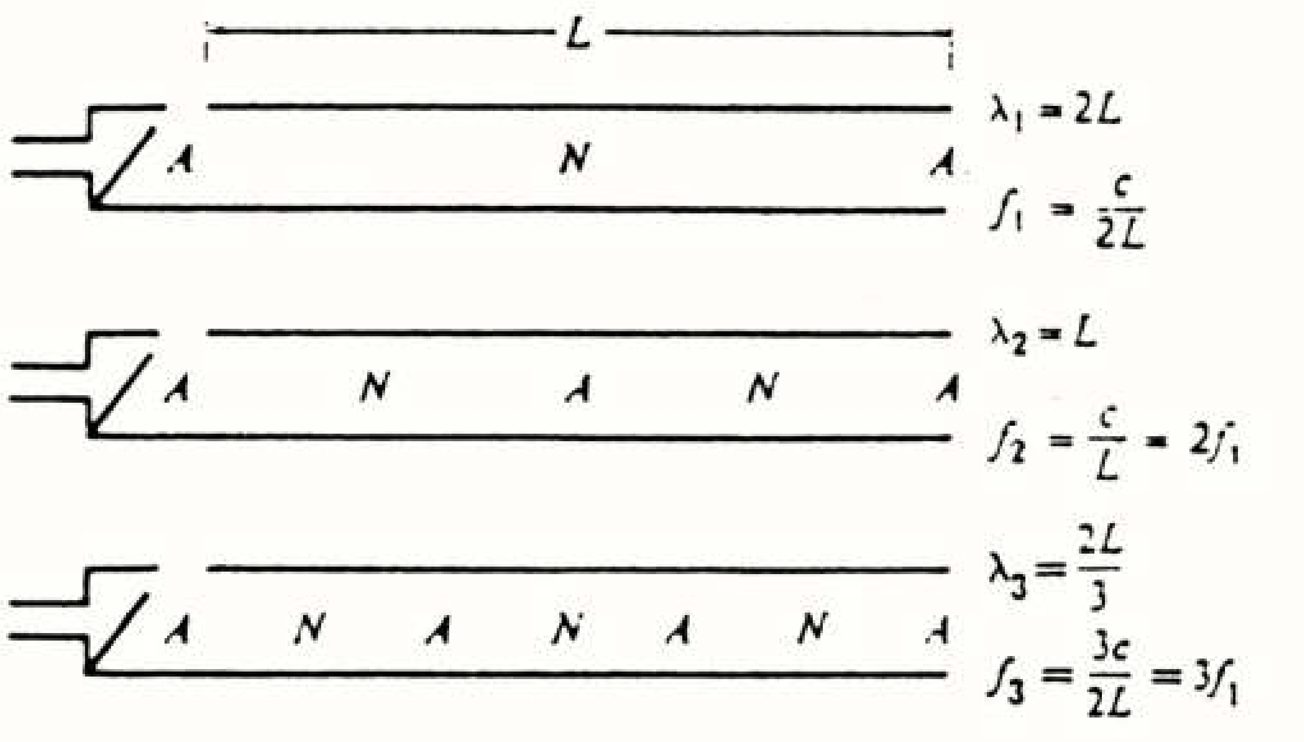


Figure 4. Frequency harmonics in an open organ pipe.

From the unchanged frequency in air and helium/oxygen breathing, it was concluded that the origin of a wheeze can be explained by a mechanism, comparable to a vibrating reed, as in a toy trumpet. In the case of wheezes, the vibrations occur in the airway wall and further experiments, directly measuring the oscillating frequency of the airway wall, have confirmed this finding.

An example of signal analysis in a clinical investigation

Pulmonary emphysema is characterized by destruction of lung tissue with a permanent enlargement of the lung sacs (alveoli) causing a relatively low specific density of lung tissue. Physicians hear lung sounds, via the

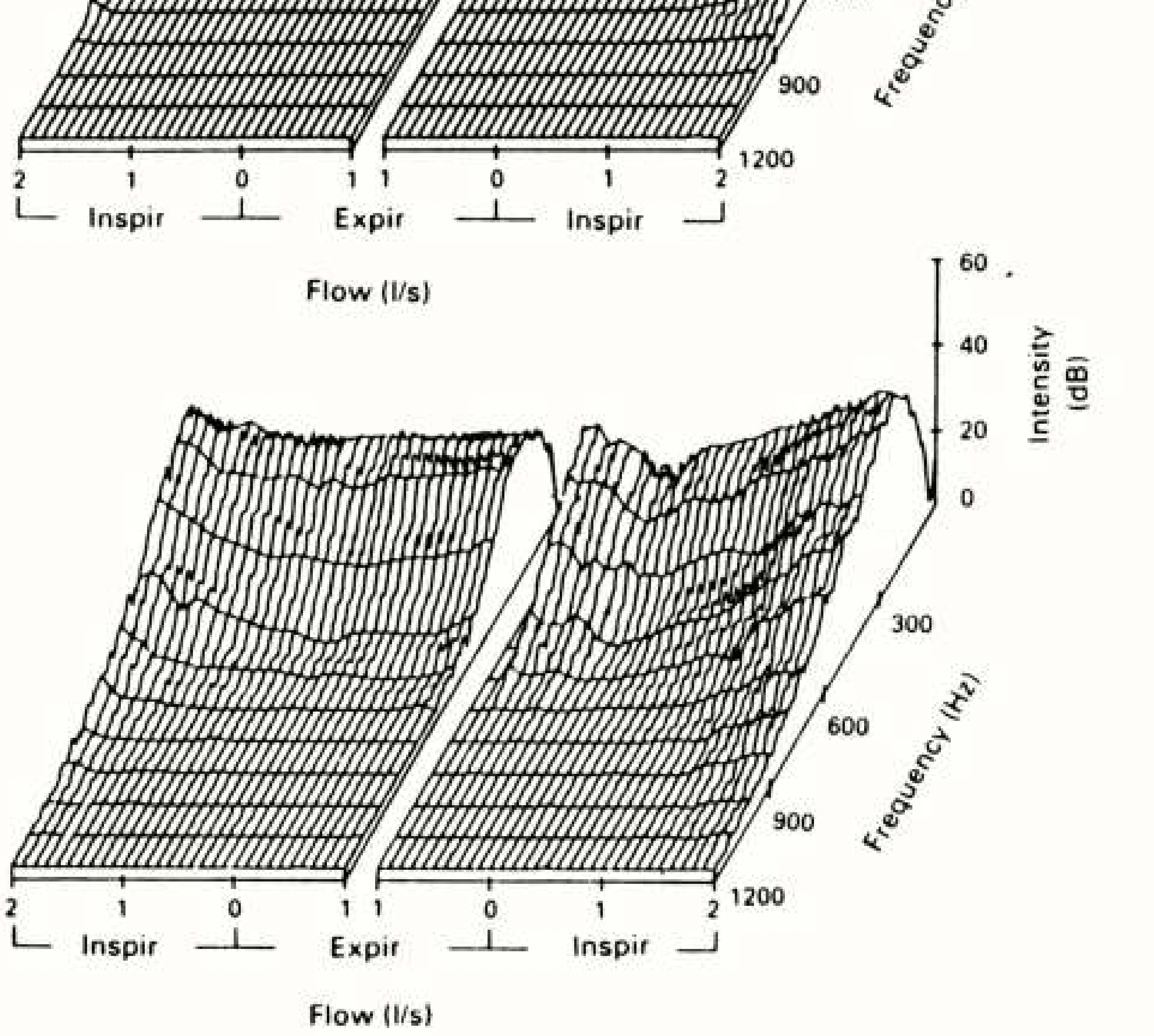


Figure 5. Flow-standardized power spectra of lung sounds in the normal (upper panel) and the emphysema case.

stethoscope, with a low intensity and a 'silent' lung is considered characteristic for emphysema. To investigate this aspect Schreur et al. [5] have related power spectra of lung sounds and airflow at the mouth, both in normal controls and in emphysema patients. The subjects were breathing in such a way that lung volume and mouth flow were standardized. During breathing periods of 50 s, signals were sampled with a 5000 Hz sampling frequency. For flow ranges with an interval of 0.1 l/s, during both inspiration and expiration, power spectra were obtained by a Fast Fourier Transform. Spectra from the breathing cycles, within the 50 s measured period, were averaged giving the results shown in Figure 5. The x axis shows the flow, the y axis the log frequency range, and the z axis the sound intensity. The results, for both controls and patients, can be considered as flow standardized power spectra.

The upper and lower figures are comparable, which leads to an important conclusion. In case of the same flow, the spectra of controls and emphysema patients are the same! The qualitative classification of a 'silent' lung in emphysema is caused by a reduced mouth flow and is not related to disease-related changes in sound pattern. It can, however, not be excluded that a counteracting effect exists between the generation of the sounds and the change in transmission characteristics in the emphysema patients.

Conclusion

A detailed analysis of the complex relationship between generation and characterization of lung sounds and pulmonary pathophysiology probably lies far ahead. The greatest problem is the distortion of the detected sound spectra in relation to the sounds as originated within the lung by the various physiological processes. In this respect, only quantification of the qualitative results by stethoscopy can be a first goal although a competition with both the experience of a skilled physician and with the human ear as a magnificent sensor will be very hard. The short-term possibilities for phonopneumography will be the analysis of concrete and well-defined mechanisms as, for instance, flow limitation with its physiologically determined oscillating frequency of airway walls. This is certainly true when intra-individual differences do not play a role, as in the follow-up of patients in whom bronchodilatory or bronchoconstrictor agents are administered in order to study the effect on lung mechanics. Also an accurate timing of, for instance, crackles may be performed with improved accuracy by phonopneumography. As far as sensor technology is concerned, swallowing a microphone and thus locating it in the esophagus will improve transmission characteristics, but the measurements will of course be more invasive. To cite Murphy (1981): "The optimal interpretation and detection of lung sounds will only be reached in a multidisciplinary cooperation of anatomists, physiologists, pathologists, acoustic, mechanical and electrotechnical engineers, epidemiologists, statisticians and computer specialists".

References

[1.] Pasterkamp H, Kraman S.S., DeFrain PD, Wodicka G.R. Measurement of respiratory acoustical signals: comparison of sensors. Chest 1993; 104: 1518-1525.

[2.] Laënnec R.T.H. De l'Auscultation Médiate. Paris; Brosson et Chaudé, 1819.

[3.] Forgacs P. Lung Sounds. Ballière Tindall, 1978.

[4.] Kraman S.S. Speed of low frequency sound through lung of normal men. J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ Exercise Physiology 1983; 54: 304-308.

[5.] Schreur H.J.W., Sterk PJ, Vanderschoot J, Klink H.C.J. van, Vollenhoven E van, Dijkman J.H. Lung sound intensity in patients with emphysema: comparison with normal subjects at standardized airflows. Thorax 1992; 47: 674-679.

Voordracht gehouden tijdens de 419e werkvergadering

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
419e werkvergadering

UITNODIGING voor de gezamenlijke werkvergadering van het IEEE en het NERG op donderdag 27 januari 1994 in het Academisch Ziekenhuis Leiden, gebouw 1, zaal K3-12, Wassenaarseweg 62 te Leiden.

THEMA: BIOMEDISCHE GELUIDEN EN TRILLINGEN: SENSOREN EN TOEPASSINGEN

PROGRAMMA:

13.30-14.00 uur: Ontvangst en koffie

14.00-14.05 uur: Opening
Dr. ir. J. Vanderschoot,
sectie Medische informatica, Rijksuniversiteit Leiden

14.05-14.45 uur: Sensoren en signaalverwerking voor foetale phonografie
Dr. H.G. Goovaerts,
vakgroep Medische Fysica en Informatica, Vrije Universiteit Amsterdam

14.45-15.25 uur: Microfoons in Si-technologie: klein, kleiner, kleinst
Prof.dr.ir. P. Bergveld,
vakgroep Bio-informatica, Universiteit Twente

15.25-15.45 uur: Pauze

15.45-16.25 uur: Enkele fysische en fysiologische aspecten van longgeleiden
Dr. J.M. Bogaard,
afdeling Longfunctie, Academisch Ziekenhuis Dijkzicht, Rotterdam

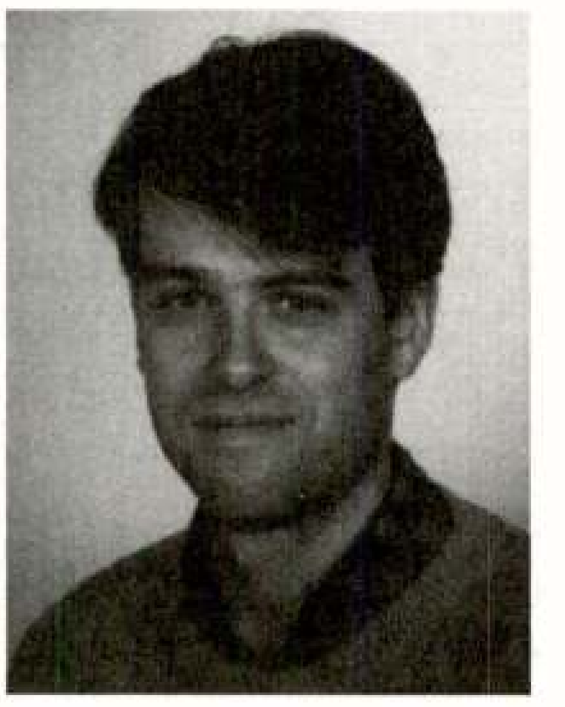
16.25-17.05 uur: Een slokdarm microfoon t.b.v. hart- en longgeluiden
Ir. A.van Dijk,
afdeling Cardiologie, Academisch Ziekenhuis Leiden

Aanmelding voor deze middag dient te geschieden vóór 20 januari aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 70 cent.
De toegang is gratis.

Namens het IEEE en het NERG,
Dr.ir. J. Vanderschoot
Tel. 071-276793

BREEDBANDIGE MICROSTRIPANTENNES.

ir. A.B. Smolders
Vakgroep Elektromagnetisme
Technische Universiteit Eindhoven



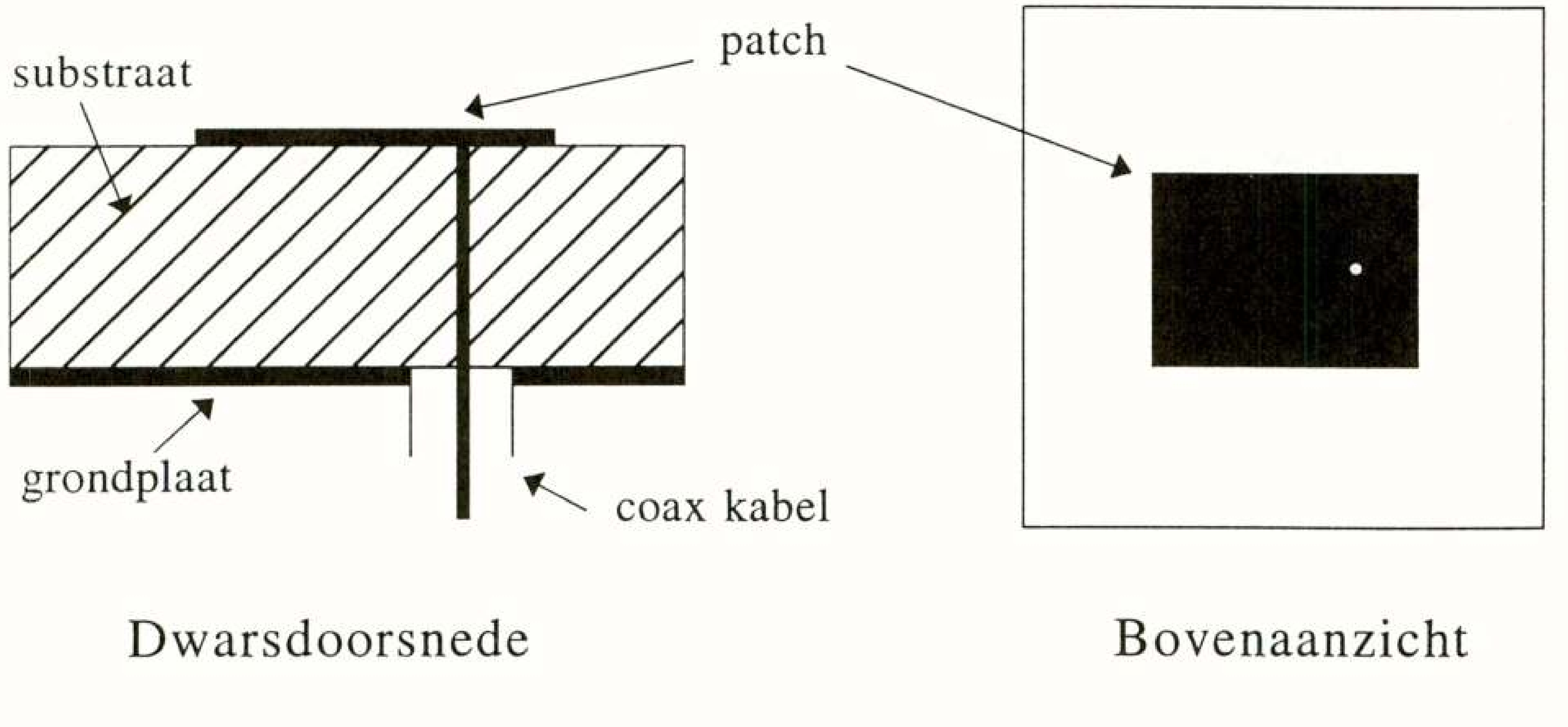
Broadband microstrip antennas.
A theoretical and experimental study of broadband microstrip antennas is presented. The method of moments is applied in order to determine the input impedance of these electrically thick microstrip antennas. A stacked two-layer microstrip antenna is investigated. It is shown that a bandwidth of more than 20% can be easily obtained if one of the dielectric layers has a high permittivity. Another configuration with broadband characteristics is the so-called Electromagnetically Coupled (EMC) microstrip antenna. This antenna has a bandwidth of more than 50%.

1. Inleiding

Microstripantennes en array's van microstripantennes hebben verschillende voordelen ten opzichte van andere antennetypes, zoals bijvoorbeeld zeer lage produktiekosten, een laag gewicht en ze hebben een dunne en platte structuur. Microstripantennes zijn daarom ook erg interessant om gebruikt te worden in een variëteit van toepassingen waarvan mobiele (satelliet-) communicatie en radar de belangrijkste zijn. Vooral mobiele satellietcommunicatie [1] kan op termijn een zeer grote markt worden waar goedkope en eenvoudig te produceren microstripantennes gebruikt kunnen worden. Door hun platte structuur is het bovendien erg eenvoudig om deze antennes te monteren op het dak van vrachtwagens en personenwagens of op vliegtuigen.

In figuur 1.1 is de dwarsdoorsnede en het bovenaanzicht van een enkele microstripantenne getekend. Het geleidend bovenvlak (meestal van koper) dat patch genoemd wordt, is bevestigd op een diëlectricum waarvan de achterzijde van een dun laagje metaal voorzien is. In wezen is dit dus niets anders dan een printplaat waarop aan de bovenzijde een rechthoekig stukje koper geëtst is. De antenne wordt gevoed door middel van een coaxiale kabel, waarvan de binnengeleider meestal verbonden is met de patch en waarvan de buitenmantel met het grondvlak verbonden is. De hier getekende patch is rechthoekig, maar het is ook mogelijk om een andere vorm te nemen, bijv. een ronde patch. Deze andere patchvormen hebben echter geen wezenlijke voordelen t.o.v. de rechthoekige vorm. Door de antenne te voeden met slechts één coaxiale kabel zal het verre veld lineair gepolariseerd zijn. Circulaire polarisatie kan verkregen worden door een vierkante patch te gebruiken die gevoed wordt met twee coaxiale kabels, waarvan de beide ingangssignalen dan een onderling faseverschil van 90 graden dienen te hebben. Verder is het ook mogelijk om de microstripantenne te voeden met bijvoorbeeld een striplijn i.p.v. een coaxiale kabel.

Interessant is nu om te kijken naar de antennespecificaties die gelden voor enkele toepassingen waarvoor microstripantennes gebruikt zouden kunnen worden. In tabel I staan enkele essentiële antenne eisen van een viertal toepassingsgebieden. De bandbreedte is hierbij gedefinieerd als de frequentieband waarvoor de reflectiecoëfficiënt aan de klemmen van de antenne kleiner is dan 1/3, wat overeenkomt met een staandegolfverhouding (VSWR) die kleiner is dan 2. De afkorting INMARSAT staat voor International MARitime SATellite organisation. Deze organisatie heeft op dit moment een viertal systemen (A,B,C en M) op het gebied van mobiele satellietcommunicatie. De afkorting SAR staat voor Synthetic Aperture Radar.



Figuur 1.1. De basisstructuur v.e. microstripantenne.

Tabel I: Enkele typische antenne eisen van een aantal toepassingen.

Toepassing	Bandbreedte	Antennewinst	Polarisatie
INMARSAT data	7%	1 dB	Circulair
INMARSAT voice	7%	12 dB	Circulair
SAR	2-3%	21 dB	Lineair
radar	10-50%	20-40 dB	Lineair/Circ

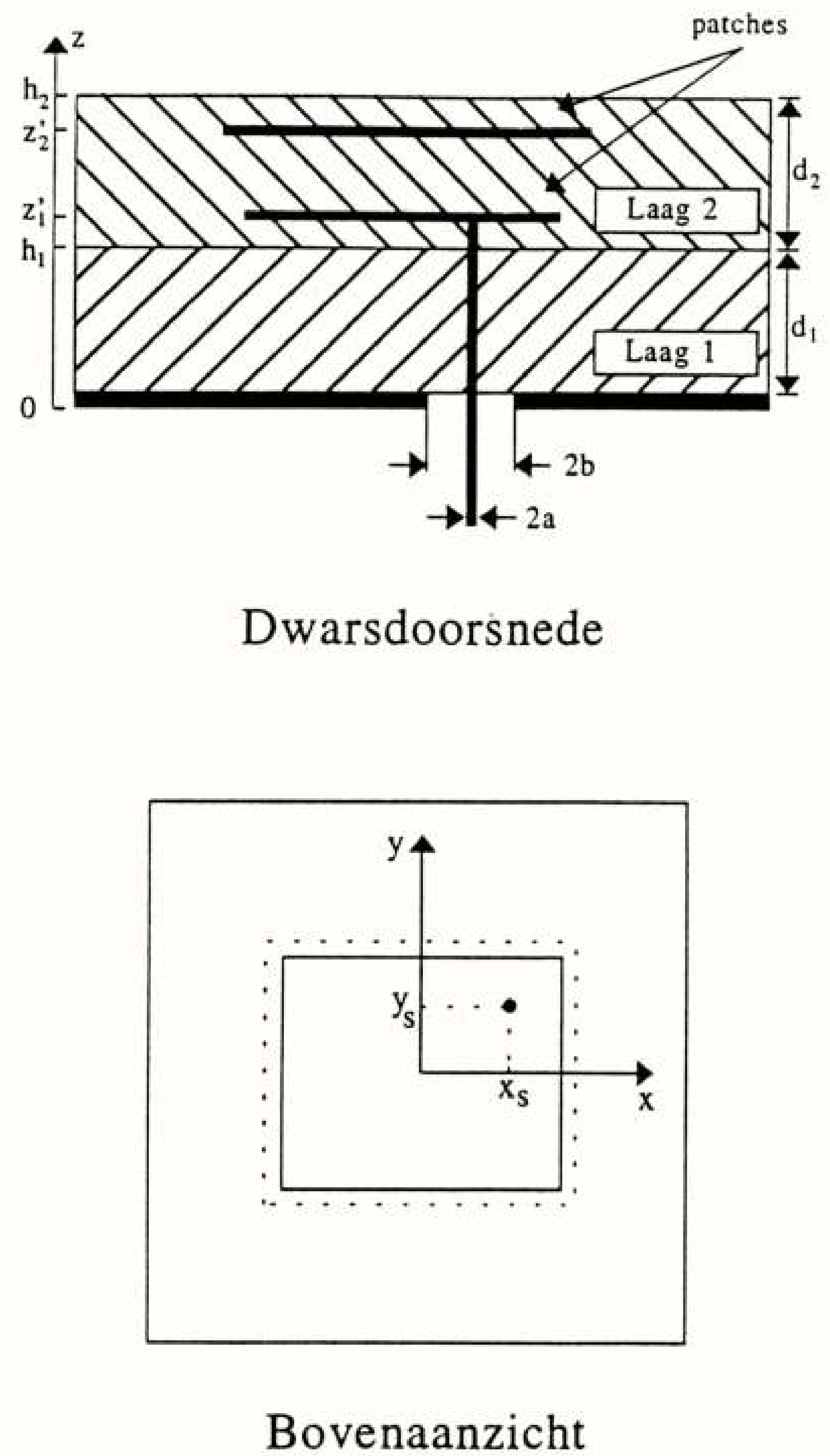
Uit tabel I kunnen een aantal conclusies getrokken worden. Afgezien van een paar toepassingen zal het in het algemeen niet mogelijk zijn om een antenne te gebruiken die bestaat uit een enkele microstripstraler, omdat de antennewinst van een enkele microstripantenne te klein is (ongeveer 5 tot 7 dB). Indien de antennewinst van een enkel element niet toereikend is zal er dus gebruik gemaakt moeten worden van een array van microstripantennes waarvan de hoofdbundel elektronisch in een bepaalde richting gestuurd kan worden (phased array antenne). In dit artikel zullen we ons beperken tot enkele microstripantennes. De methode die hier besproken wordt voor de analyse van één microstripantenne is echter ook bruikbaar voor zowel kleine als grote array's van microstripantennes [2,3]. Verder blijkt uit tabel I dat de antenne over voldoende bandbreedte moet beschikken, vooral voor radartoepassingen. Dit laatste is altijd een groot probleem geweest bij microstripantennes. Toen in 1991 het STW-project "Breedbandige microstripantennes" aan de TU Eindhoven opgestart werd, hadden de meeste microstripantennes die vanuit de literatuur bekend waren een vrij kleine bandbreedte, vaak niet meer dan 1 à 2 procent. Deze beperkte bandbreedte wordt veroorzaakt door het resonante karakter van de antenne. Deze resonantie treedt op als de lengte van de patch ongeveer gelijk is aan een halve golflengte. In de afgelopen drie jaar is er in de vakgroep Elektromagnetisme van de TU Eindhoven veel onderzoek gedaan naar het breedbandig maken van microstripantennes en array's van microstripantennes. Het resultaat van dit onderzoek is een professioneel softwarepakket waarmee microstripantennes en -array's geanalyseerd en ontworpen kunnen worden met een bandbreedte variërend van 1 tot 50 procent. Op basis van enkele ontwerpen zijn er een aantal experimenten uitgevoerd in samenwerking met de industrie. Opgemerkt dient te worden dat de vergroting van de bandbreedte van een microstripantenne meestal ook enkele negatieve effecten heeft, zoals bijvoorbeeld een toename van het vermogen dat in oppervlaktegolven (in het substraat) gaat zitten. Dit zal vooral invloed hebben op de efficiency van de antenne.

In het vervolg van dit artikel zal eerst ingegaan worden op de theoretische methode die gebruikt is om de microstripstructuren te kunnen analyseren. Vervolgens worden enkele methodes besproken waarmee het mogelijk is om de bandbreedte van een microstripantenne te vergroten. Tenslotte zal er ingegaan worden op de te verwachten ontwikkelingen in de komende jaren.

2. Theorie

De afgelopen twintig jaar zijn er nogal wat modellen en methodes geïntroduceerd waarmee microstripantennes geanalyseerd kunnen worden. Een tweetal modellen die nog steeds vaak gebruikt worden zijn het trilholte model [4] en het transmissielijn model [5]. Beide modellen zijn relatief eenvoudig te implementeren in een computerprogramma en vergen een relatief korte berekeningstijd. Een groot nadeel van beide modellen is echter dat ze alleen gebruikt kunnen worden voor zeer dunne en dus tevens smalbandige microstripantennes. Verder is het ook vrijwel niet mogelijk om mutuele koppelingen in array's te onderzoeken. In de antennesystemen die wij graag willen ontwikkelen zijn juist deze twee aspecten van groot belang. Vandaar ook dat we onze toevlucht hebben gezocht tot een meer algemenere en meer rigoureuze methode, namelijk de zogenaamde "momentenmethode", in goed Engels ook wel de "Method of Moments" genoemd [6,7]. Deze methode dient niet verward te worden met de eindige elementen methode, die voor de analyse van microstripantennes en array's niet erg geschikt is. Met de momentenmethode kunnen zowel enkele alsook array's van microstripantennes geanalyseerd worden. De methode laat in principe ook elektrisch dikke substraten en meerlagenstructuren toe. Een nadeel is dat de benodigde computerrekentijd nogal lang is. Dit probleem wordt echter steeds minder belangrijk, omdat de rekenkracht van computers steeds verder toeneemt.

We zullen nu nader ingaan op de basisprincipes van de momentenmethode en we zullen met name laten zien hoe deze methode toegepast kan worden op ons antenneprobleem. In figuur 2.1 is de geometrie van een microstripantenne getekend. De antenne bestaat uit één of twee patches (gestapelde structuur), waarbij de onderste patch gevoed wordt met een coaxiale kabel op de coördinaten (X_s,Y_s) t.o.v. het midden van de onderste patch. De lengte en de breedte van de onderste patch zijn respectievelijk W_{x1} en W_{y1}, terwijl de lengte en breedte van de bovenste patch gelijk zijn aan respectievelijk W_{x2} en W_{y2}. In het algemeen is het substraat opgebouwd uit verschillende lagen diëlectrica. We zullen ons hier echter beperken tot 2 lagen. Kiezen we $z'_1=z'_2=h_1=h_2$, dan krijgen we weer de conventionele microstripstructuur van figuur 1.1.



Figuur 2.1: Geometrie van een (gestapelde) microstripantenne

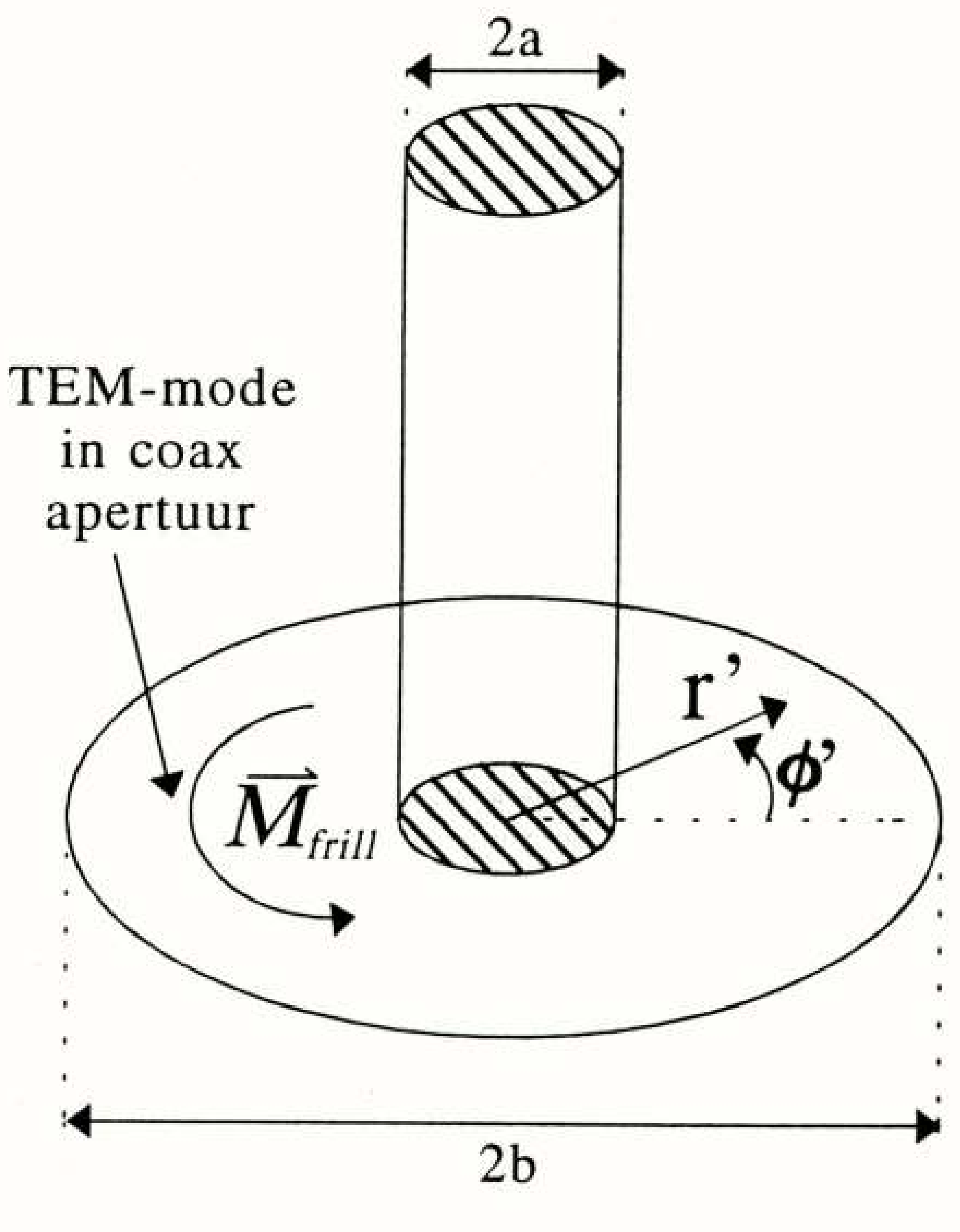
We veronderstellen nu dat de stroomverdeling op de coaxiale probe (zie figuur 2.1) en op beide patches onbekend zijn. Deze kunnen berekend worden m.b.v. de momentenmethode. Alle metalen geleiders worden perfect geleidend verondersteld. De methode start met de randvoorwaarde dat het tangentiële elektrische veld ter plaatse van de patches en de coaxiale probe gelijk aan nul moet zijn, dus

$$\vec{E}^{total}_{tan} = \vec{e}_v \times (\vec{E}^{ex} + \vec{E}^{s}) = \vec{0}, \quad \text{op beide patches en op de probe, (1)}$$

waarbij $\vec{E}^{ex}$ en $\vec{E}^{s}$ respectievelijk het excitatieveld en verstrooide veld voorstellen en waarin $\vec{e}_v$ de normaalvector op het betreffende oppervlak voorstelt. Het verstrooide veld wordt opgewekt door de geïnduceerde stromen op de patches en probe (nu nog onbekend) en het excitatieveld is het elektrische veld t.g.v. de bron. Als bron gebruiken we de magnetische stroomverdeling in de apertuur van de coax kabel ter plaatse z=0. In figuur 2.2 is de coaxiale structuur in meer detail getekend. Indien verondersteld wordt dat er zich alleen een TEM-golf in de coax kabel kan voortplanten dan wordt de magnetische stroomverdeling in de coaxiale apertuur gegeven door (notatie zie figuur 2.2)

$$\vec{M}^{total}_{frill} = \vec{M}_{frill} \cdot V^p = - \frac{V^p}{r' \ln(b/a)} \vec{e}_{\phi'}, \quad a \le r' \le b, \tag{2}$$

waarbij V^p de poortspanning is tussen de binnen- en buitengeleider van de coax kabel.



Figuur 2.2: De coaxiale voedingsstructuur.

De volgende stap in de momentenmethode is nu de expansie van de onbekende stromen op de metalen oppervlakten van de antenne in zogenaamde basisfuncties:

$$\vec{J}(x,y,z) = \sum_n I_n \vec{J}_n(x,y,z), \tag{3}$$

waarin I_n de (nog) onbekende coëfficiënten zijn. $\vec{J}_n(x,y,z)$ is de n-de basisfunctie. Om een exacte oplossing van het probleem te vinden moeten we in het algemeen oneindig veel basisfuncties meenemen. In de praktijk zal echter blijken dat we een goede benadering kunnen vinden door maar een beperkt aantal basisfuncties, zeg N_{max}, mee te nemen in de analyse. Het zal duidelijk zijn dat een slimme keuze van de basisfuncties erg belangrijk is om het aantal onbekende coëfficiënten en dus de totale rekentijd zo beperkt mogelijk te houden. Op de coaxiale probe kiezen we zogenaamde *subdomain* rooftop basisfuncties (stuksgewijs lineair) en op de patches gebruiken we *entire domain* basisfuncties, die over het gehele domein van iedere patch ongelijk aan nul zijn. Verder dient er nog een extra basisfunctie gebruikt te worden om ervoor te zorgen dat de continuïteit van de stroom ter plaatse van de overgang van de probe naar de onderste patch gewaarborgd is. Meer details over een geschikte keuze van de basisfuncties zijn te vinden in de referenties [3] en [8]. Vanwege de lineariteit van het elektrische veld mogen we het verstrooide veld ook ontwikkelen in een reeks met onbekende coëfficiënten $\vec{I}_n$. We krijgen dan

$$\vec{E}^{s}(x,y,z) = \sum_{n=1}^{N_{max}} I_n \vec{E}^{s}_n(x,y,z). \tag{4}$$

Substitutie van deze expansie in vergelijking (1) levert

$$\vec{e}_v \times \left(\sum_{n=1}^{N_{max}} I_n \vec{E}^{s}_n(x,y,z) + \vec{E}^{ex}(x,y,z) \right) = \vec{0}$$

, op beide patches en op de probe. (5)

Aan bovenstaande voorwaarde dient op ieder punt op het oppervlak van de patches en van de probe voldaan te worden. Deze eis zal echter wat afgezwakt worden door de bovenstaande vergelijking te wegen met een zogenaamde weegfunctie of testfunctie $J_m(x,y,z)$, zodanig dat

$$\sum_{n=1}^{N_{max}} I_n \iint \vec{E}^{s}_n(x,y,z) \cdot \vec{J}_m(x,y,z)\, dS + \iint \vec{E}^{ex}(x,y,z) \cdot \vec{J}_m(x,y,z)\, dS = 0, \tag{6}$$

voor , m = 1,2,..., N_{max},

waarbij de set van weegfuncties hetzelfde is als de set van expansiefuncties. Deze keuze staat bekend als de methode van Galerkin [6]. De set van lineaire vergelijkingen (6) kan ook in de volgende, meer compacte, vorm geschreven worden

$$\sum_{n=1}^{N_{max}} I_n Z_{mn} + V^{ex}_m \cdot V^p = 0, \quad \text{voor } m = 1,2,...,N_{max}, \tag{7}$$

of in matrix notatie

$$[Z]\,[I] + [V^{ex}]\, V^p = [0]. \tag{8}$$

Hierin is V^p de poortspanning aan de klemmen van de antenne. De elementen van de matrix en de vector worden gegeven door

$$Z_{mn} = 4\pi^2 \iint \vec{E}^{s}_n(x,y,z) \cdot \vec{J}_m(x,y,z)\, dS, \tag{9a}$$

$$V^{ex}_m = \frac{4\pi^2}{V^p} \iint \vec{E}^{ex}(x,y,z) \cdot \vec{J}_m(x,y,z)\, dS \tag{9b}$$

$$= -4\pi^2 \iint \vec{H}^{s}_m(x,y,0) \cdot \vec{M}_{frill}(x,y,0)\, dxdy ,$$

waarbij het reciprociteitsprincipe gebruikt is om een element van de vector $[V^{ex}]$ te herschrijven in termen van het magnetische veld $\vec{H}^{s}_m$ t.g.v. basisfunctie $\vec{J}_m$. [Z] is een N_{max} x N_{max} matrix, terwijl de vector $[V^{ex}]$ N_{max} elementen bevat. De vector [I] bevat de N_{max} onbekende coëfficienten die berekend kunnen worden door matrix-

vergelijking (8) numeriek op te lossen. Zodra alle elementen van [Z] en [V^{ex}] berekend zijn is het mogelijk om de ingangsadmittantie Y_{in} en dus ook de ingangsimpedantie te bepalen m.b.v. de relatie [3]

$$Y_{in} = \frac{1}{Z_{in}} = \frac{I^p}{V^p} = -\frac{1}{4\pi^2}[V^{ex}]^T[Z]^{-1}[V^{ex}], \quad (10)$$

waarin $[V^{ex}]^T$ de getransponeerde is van de vector [V^{ex}] en waarin $[Z]^{-1}$ de inverse van de matrix [Z] voorstelt. De reflectiecoëfficiënt aan de klemmen van de antenne kan nu ook vrij eenvoudig berekend worden door gebruik te maken van de welbekende relatie

$$R = \frac{Y_0 - Y_{in}}{Y_0 + Y_{in}}. \quad (11)$$

waarin $Y_0(=1/Z_0)$ gelijk is aan de karakteristieke admittantie van de coax kabel (meestal is Z_0=50 Ohm). Het stralingsdiagram van de antenne is te bepalen zodra de stroomverdeling op de antenne bekend is. Deze kan berekend worden door de matrixvergelijking numeriek op te lossen en de oplossing voor de vector [I] in te vullen in de oorspronkelijke expansie (3).

De berekening van de elementen van de matrix [Z] en de vector [V^{ex}] dient numeriek te gebeuren. Hiertoe dient het elektrische en magnetische veld in het substraat berekend te worden. Deze berekening kan vereenvoudigd worden door een transformatie naar het spectrale domein in te voeren, i.e. Fouriertransformatie volgens $\{x,y\} \text{--->} \{k_x,k_y\}$.

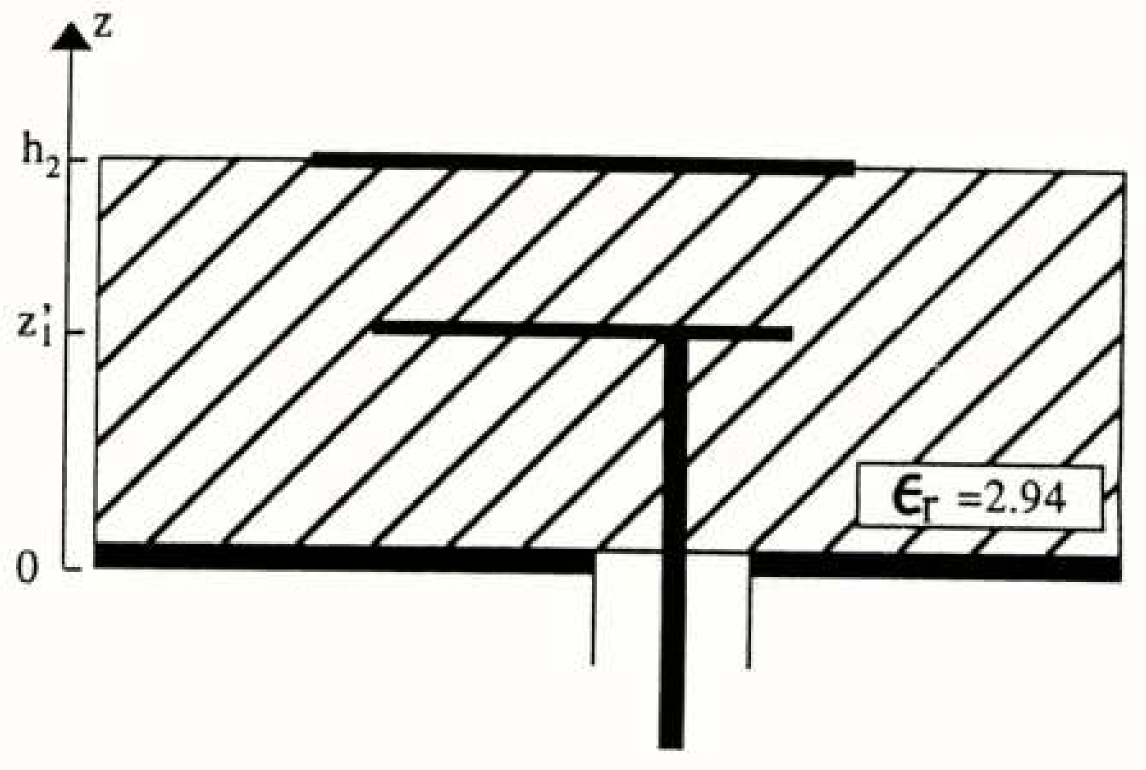
Het elektromagnetische veld in het spectrale domein kan namelijk analytisch en dus exact bepaald worden, zodat alle effecten in de analyse worden meegenomen, inclusief oppervlaktegolven die zich in het substraat kunnen voortplanten. Bij de terugtransformtie doen zich natuurlijk weer allerlei lastige numerieke problemen voor, o.a. ten gevolge van de oppervlaktegolven die zich in het substraat voortplanten. De behandeling van deze problemen valt echter buiten het bestek van dit artikel. Geïnteresseerden wordt gaarne verwezen naar de referenties [2,3].

3. Bandbreedte van microstripantennes

Zoals in de inleiding van dit verhaal ook al gesteld is, vormt de zeer beperkte bandbreedte van conventionele microstripstructuren zoals getekend in figuur 1.1 veruit het grootste probleem. In het algemeen kan men stellen dat de bandbreedte toeneemt naarmate de elektrische dikte van het substraat (h2/λ) toeneemt. Een beperking hierbij is echter dat de inductiviteit van de ingangsimpedantie ook steeds groter wordt, zodat het op een gegeven moment niet meer mogelijk is om de antenne aan een kabel van 50 Ohm aan te passen. Blijkbaar is er een optimum welke voor de meest gangbare substraten ligt tussen 5% en 8%. De bandbreedte kan natuurlijk verder vergroot worden door een aanpassingsnetwerk te gebruiken. Dit is echter geen gewenste oplossing, omdat dit het totale antennesysteem onnodig gecompliceerd en duurder maakt. Er zijn gelukkig een aantal andere manieren om de bandbreedte van een microstripantenne te vergroten. Bij deze technieken wordt meestal een tweede resonantie opgewekt, bijvoorbeeld door het plaatsen van een tweede patch (gestapelde structuur). We zullen een drietal microstripstructuren bespreken waarmee een grotere bandbreedte behaald kan worden dan met de conventionele microstripantenne van figuur 1.1.

i) Gestapelde structuren.

Door twee patches boven elkaar te plaatsen worden er twee resonanties opgewekt, waarvan de resonantiefrequenties meestal vrij dicht bij elkaar liggen. Door de sterke elektromagnetische koppeling tussen deze beide patches is het mogelijk om de antenne over een relatief brede frequentieband aan te passen. Een en ander is getekend in figuur 3.1.



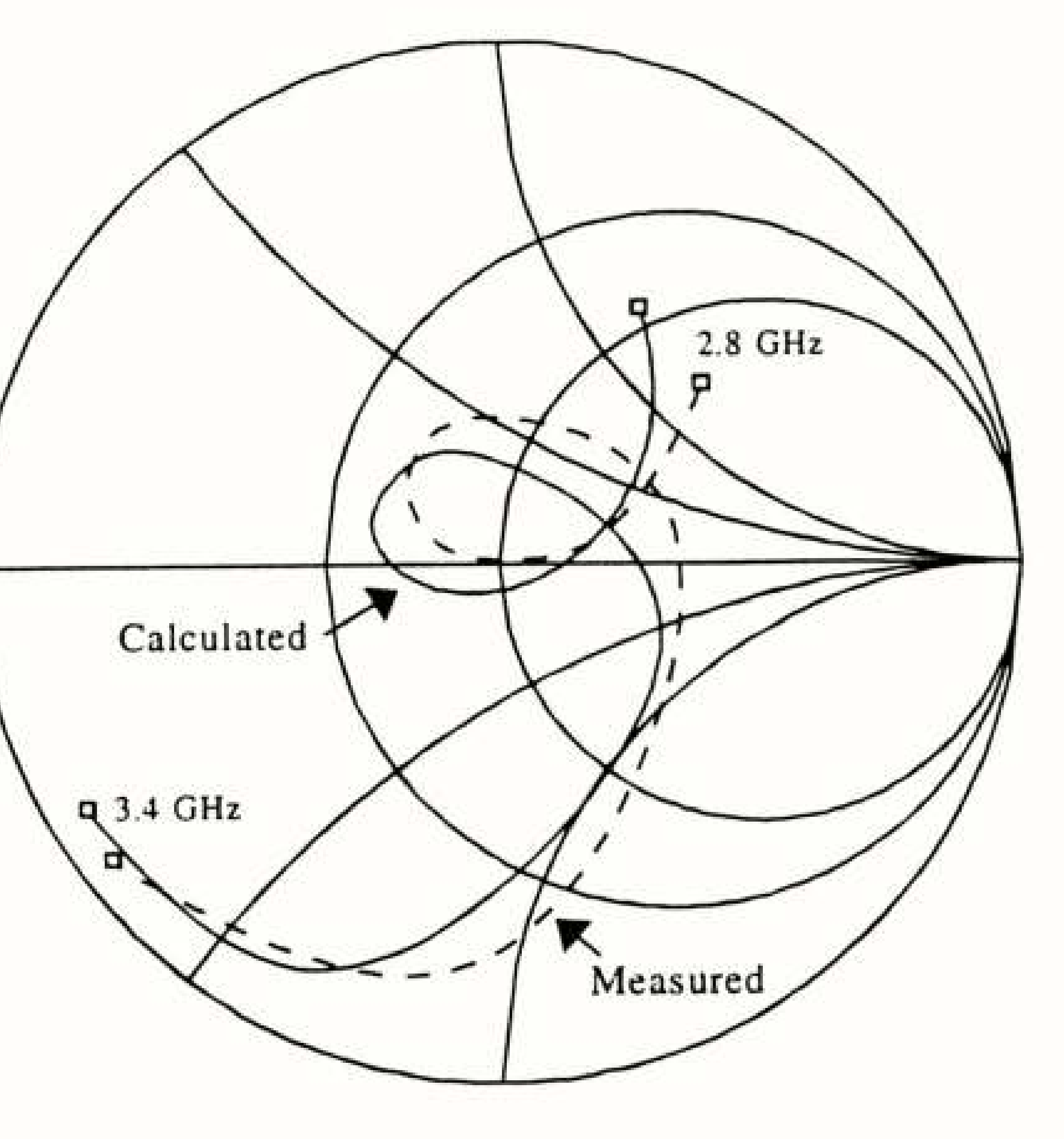
Figuur 3.1: Gestapelde microstripantenne.

De bandbreedte die met deze structuur behaald kan worden is ongeveer het dubbele van de bandbreedte die met een gewone microstripantenne behaald kan worden, dus ongeveer 10 tot 15%. Ook is het mogelijk om met een gestapelde structuur een antenne te maken die in twee aparte frequentiebanden te gebruiken is (Dual Frequency antenne). Wij hebben een gestapelde microstripantenne ontworpen en gemaakt op basis van het materiaal Duroid 6002 met ϵ_r= 2.94

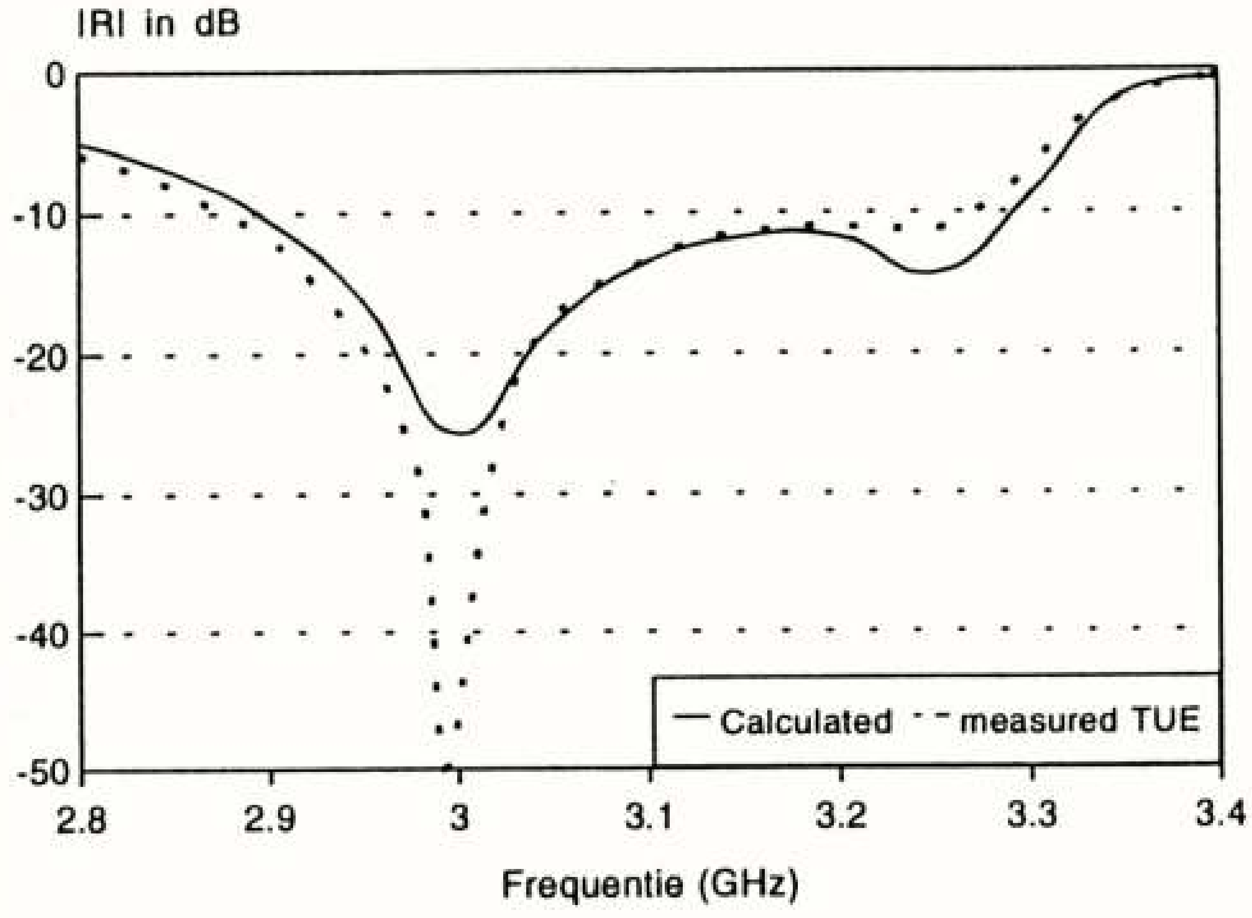
De antenne dimensies zijn:

* dikte substraat: h_2=6.08 mm,
* positie onderste patch: z'_1=3.04 mm,
* positie bovenste patch: z'_2=6.08 mm,
* afmetingen onderste patch: $W_{x1}=W_{y1}$=25.3 mm,
* afmetingen bovenste patch: $W_{x2}=W_{y2}$=25 mm,
* aansluitpunt coax kabel: x_s=8.5 mm, y_s=0 mm,
* afmetingen coax kabel: a=0.635 mm, b=2.1 mm.

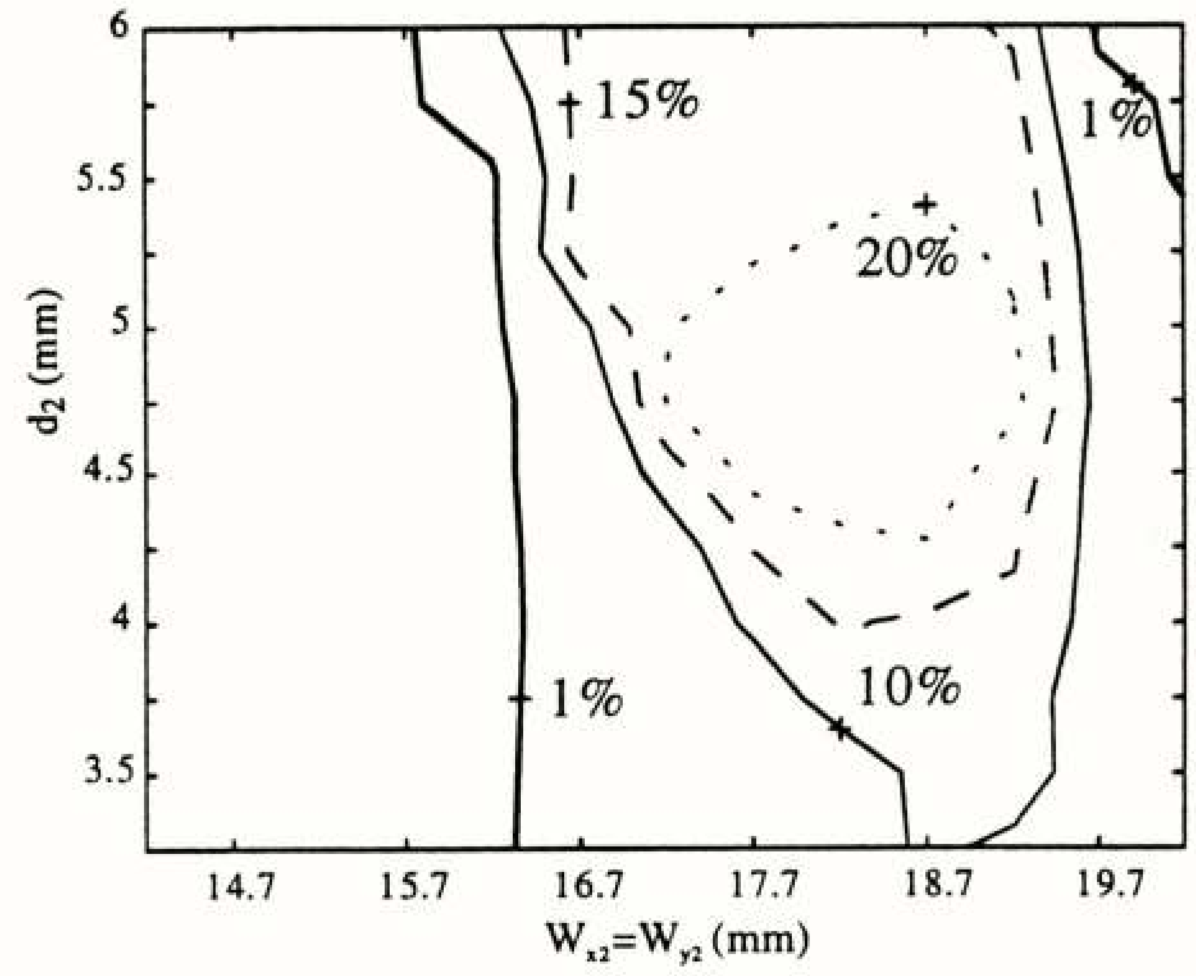
In figuur 3.2 is de berekende en gemeten ingangsimpedantie van deze antenne te zien, getekend in een Smith kaart. De corresponderende reflectiecoëfficiënt is te zien in figuur 3.3. Indien we de toleranties van de gebruikte materialen in acht nemen, dan kunnen we stellen dat de overeenkomst tussen experiment en theorie erg goed is. De bandbreedte bedraagt ongeveer 13%.



Figuur 3.2: Ingangsimpedantie van een gestapelde microstripantenne (Z_0=50 Ohm)



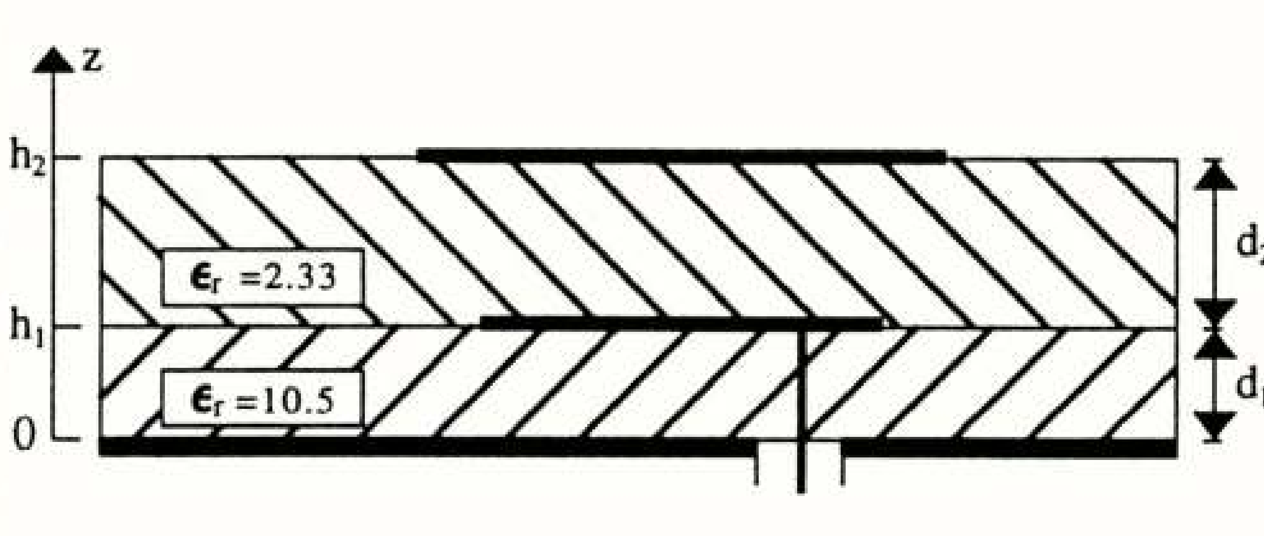
Figuur 3.3: Reflectiecoëfficiënt van een gestapelde microstripantenne



Figuur 3.5: Bandbreedte van een meerlagen microstripantenne (Z0=50 Ohm)

ii) Meerlagen structuren

De bandbreedte van een gestapelde structuur kan verder vergroot worden door het substraat op te bouwen uit meerdere lagen met een verschillende permittiviteit. In figuur 3.4 is zo'n configuratie bestaande uit twee lagen getekend. De onderste laag is gemaakt van Duroid 6010 en heeft een vrij hoge diëlectrische constante $\varepsilon_r=10.5$, terwijl de bovenste laag een relatieve permittiviteit heeft van $\varepsilon_r=2.33$ (Duroid 5870).



Figuur 3.4: Meerlagen microstripantenne

We hebben de volgende configuratie nader onderzocht:

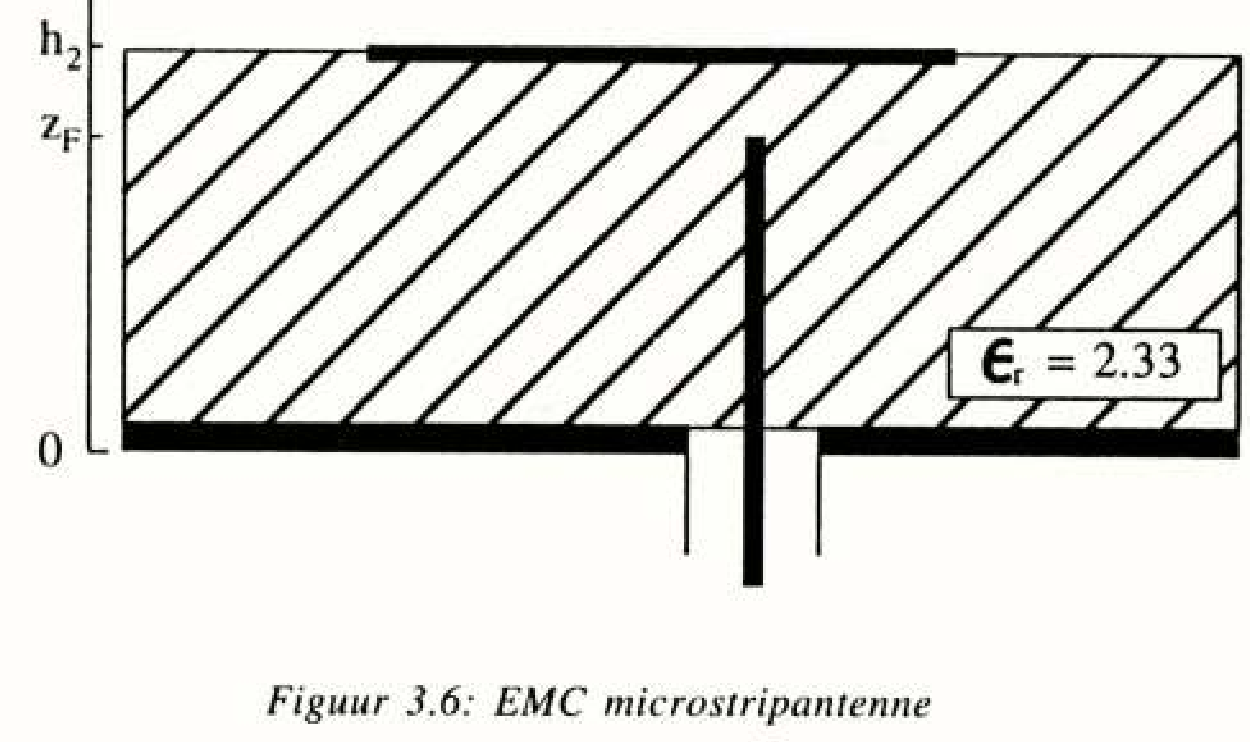
* dikte onderste laag: $d_1=1.27$ mm,
* positie onderste patch: $z'_1=1.27$ mm,
* afmetingen onderste patch: $W_{x1}=W_{y1}=11$ mm,
* aansluitpunt coax kabel: $x_s=4$ mm, $y_s=4$ mm,

waarbij de dikte van de tweede laag (d_2) en de afmetingen van de vierkante bovenste patch ($W_{x2}=W_{y2}$) variabele grootheden zijn. In figuur 3.5 is nu de bandbreedte in procenten van deze configuratie uitgezet in een contourplaatje, als functie van de dikte van laag 2 en de afmetingen van de bovenste patch. De bandbreedte is over een vrij groot gebied groter dan 20%. De maximum bandbreedte is ongeveer 23%. De bandbreedte kan eventueel nog wat vergroot worden door een dikkere eerste laag te gebruiken.

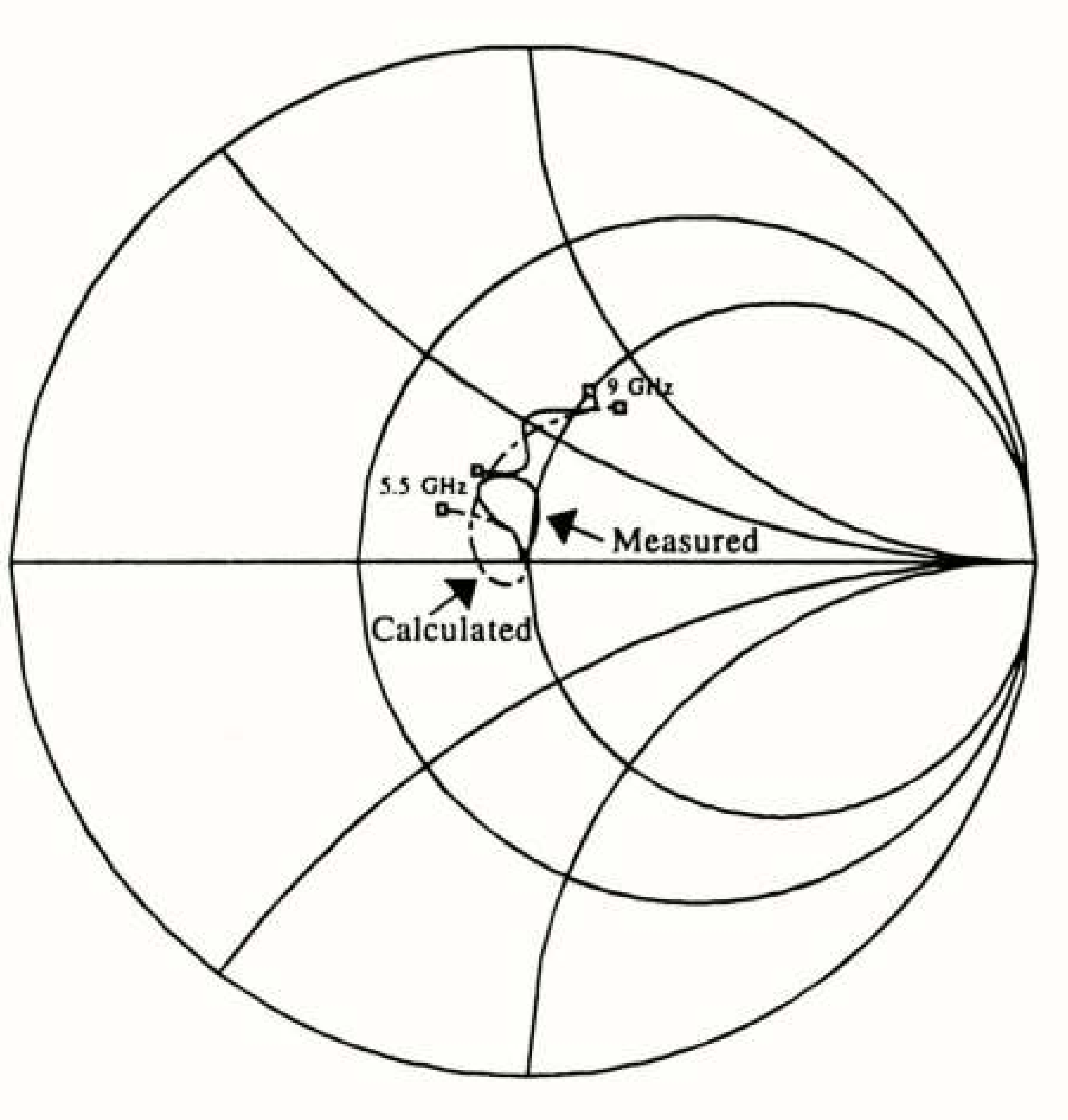
In de literatuur zijn ook breedbandige meerlagen constructies bekend waarbij gebruik wordt gemaakt van een soort schuim met een lage permittiviteit $\varepsilon_r=1.07$ [9]. Nadeel van deze constructies is echter dat vanwege deze lage permittiviteit de lengte van de patches vrij groot is (ongeveer $\lambda_0/2$). Indien deze elementen in een array antenne gebruikt zouden worden bedraagt de elementsafstand meestal ook $\lambda_0/2$. Dit heeft dan echter weer tot gevolg dat de mutuele koppelingen in zo'n array vrij groot zullen zijn, hetgeen ongewenst is. De meerlagen configuratie van figuur 3.4 heeft dit nadeel niet en is daarom ook erg geschikt voor het gebruik in een array van microstripantennes.

iii) EMC structuur

Figuur 3.6 laat een microstripantenne zien waarbij de binnengeleider van de coax kabel niet verbonden is met de patch. We spreken hier dan ook van een zogenaamde Electromagnetically Coupled (EMC) microstripantenne. Met deze configuratie is het mogelijk om een antenne te maken die over een vrij grote frequentieband is aangepast. De dikte van het substraat bedraagt $h_2=6.61$mm en de lengte van de probe is $z_F=6.36$mm. De gebruikte patch is vierkant met $W_{x1}=W_{y1}=11.5$mm. In figuur 3.7 is de gemeten en berekende ingangsimpedantie van deze antenne getekend voor de frequentieband 5.5 GHz $< f <$ 9 GHz. De bandbreedte van deze antenne bedraagt meer dan 50% (VSWR<2). Hieruit blijkt maar weer eens dat microstripantennes zeker niet altijd smalbandig hoeven te zijn.



Figuur 3.6: EMC microstripantenne



Figuur 3.7: Ingangsimpedantie van EMC microstripantenne (Z0=50 Ohm)

Indien deze EMC elementen in een array geplaatst worden blijken de mutuele koppelingen vrij acceptabel te zijn [3]. Hierdoor lijkt dit type microstripantenne erg geschikt voor toekomstige radarapplicaties.

4. Toekomst

Het is te verwachten dat in de nabije toekomst de vraag naar individuele mobiele telecommunicatiesystemen verder zal toenemen. Deze dienen dan licht en compact te zijn, hetgeen inhoudt dat er gebruik zal moeten worden gemaakt van hogere frequenties. In de Verenigde Staten is er daarom ook een studie verricht naar een mobiel satellietcommunicatiesysteem bij een frequentie van 20 GHz (ontvangst) en 30 GHz (zenden) [10]. Microstripantennes lijken erg interessant voor dit soort toepassingen, mede doordat microstripantennes geïntegreerd kunnen worden met de zend/ontvangst (T/R) modules m.b.v. MMIC (Monolythic Microwave Integrated Circuit) fabricage technieken op basis van GaAs substraten.

5. Conclusies

In dit artikel is aangetoond dat microstripantennes zeker niet altijd een smalbandig karakter hoeven te hebben. Er zijn een drietal configuraties besproken waarmee de bandbreedte van microstripantennes vergroot kan worden. Deze drie configuraties zijn:

1) Gestapelde patches. Hiermee kan een bandbreedte van ongeveer 15% behaald worden.

2) Meerlagen structuur. Door gebruik te maken van twee materialen met een nogal uiteenlopende permittiviteit kan een bandbreedte van ongeveer 23% bereikt worden.

3) EMC configuratie. De coaxiale probe is nu niet aan de patch vastgesoldeerd. Met dit soort antennes kan een bandbreedte van meer dan 50% gerealiseerd worden.

Dankwoord

Dit onderzoek werd financieel ondersteund door de Stichting Technische Wetenschappen (STW). Verder wil de auteur Dr. M.E.J. Jeuken bedanken voor zijn aandeel in het onderzoek.

Referenties

[1] Visser, H.J.
'Planaire microstripantennes voor mobiele satellietcommunicatie'.
Tijdschrift van het NERG, deel 54 (1989), nr. 2, p. 61-69.

[2] Arts, M.J. en A.B. Smolders
'Study of stacked microstrip phased arrays'.
Microwave and Optical Technology Letters, vol. 6 (1993), p.466-471.

[3] Smolders, A.B.
'Finite stacked microstrip arrays with thick substrates'.
Eindhoven: Faculteit Elektrotechniek, TU Eindhoven, 1993, EUT Rapport 93-E-273.

[4] Lo, Y.T., en D. Solomon, W.F. Richards
'Theory and experiment on microstrip antennas'.
IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. AP-27 (1979), p. 137-145.

[5] Bahl, I.J., en P. Bhartia
'Microstrip antennas'.
Londen: Artech House, 1980.

[6] Harrington, R.F.
'Field computation by moment methods'.
New York: IEEE Press, 1993.

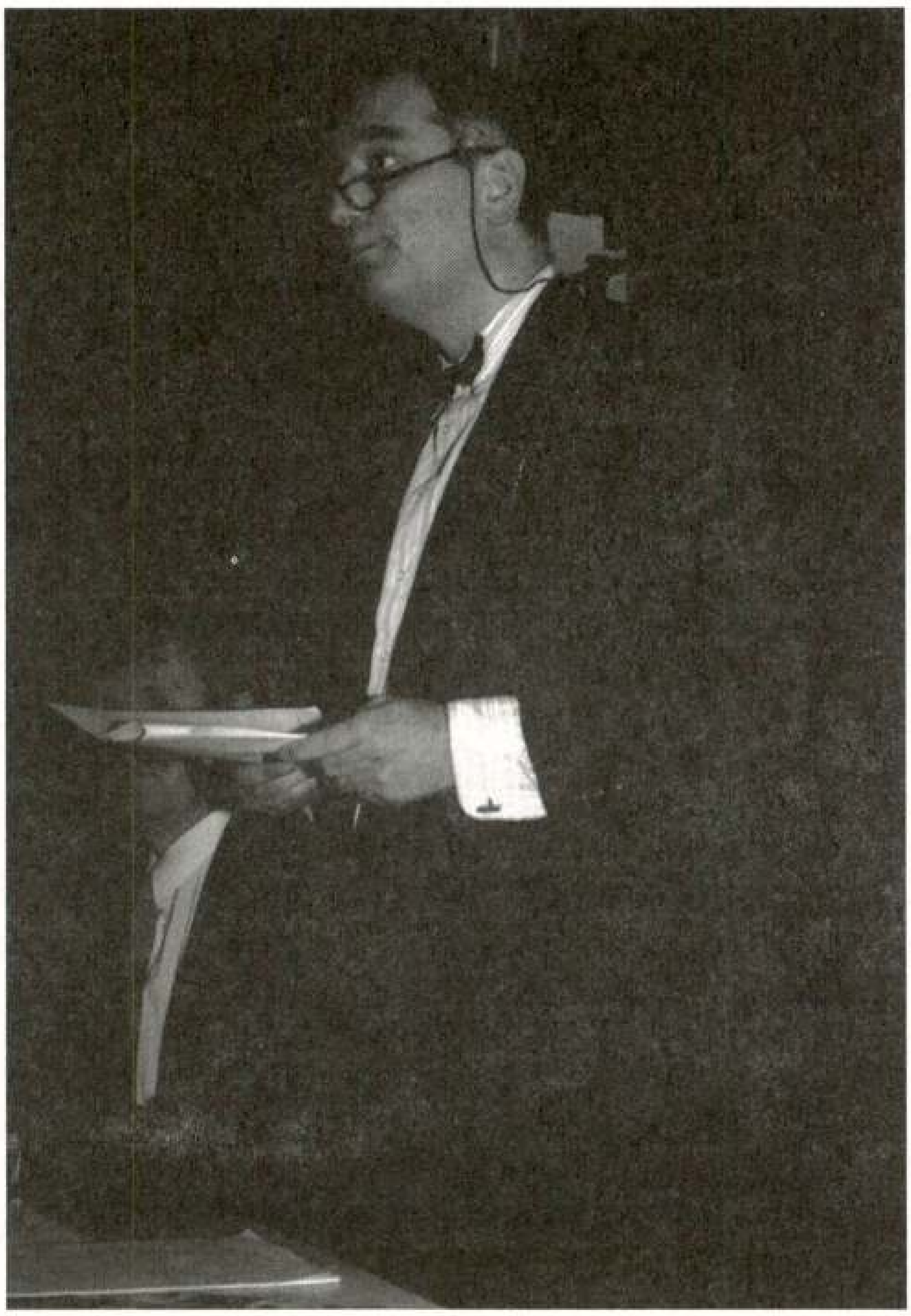
[7] Pozar, D.M.
'Input impedance and mutual coupling of rectangular microstrip antennas'.
IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. AP-30 (1982), p.1191-1196.

[8] Smolders, A.B. en M.E.J. Jeuken
'Efficient and rigorous analysis of broadband microstrip patch antennas using a spectral domain moment method'.
In: Proc. JINA'92 Int. Symposium Antennas, Nice (Frankrijk) 12-14 Nov. 1992, p.75-78.

[9] Kossiavas, G en F. Croq, D.L. Sun Luk, A. Papiernik
'Large bandwidth L-band radiating element'.
Archive Electronische Ubertragungen, vol. 45 (1991), p. 191-193.

[10] Estabrook, P. en J. Huang, W. Rafferty, M.K. Sue
'A 20/30 GHz personal access satellite system design'.
IEEE Int. Conference on Communications, Boston 1989, p. 216-222.

UIT HET NERG



Uit de Algemene Ledenvergadering van 30 maart 1994. De scheidende voorzitter ir. J.B.F. Tasche van achter de bestuurstafel aan het woord.



UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden:

ir. J.H. de Bie	Zomereik 48	5682 HH Best
ir. H.P.A. van der Boom	Duifhuisweg 39	5061 KZ Oisterwijk
ir. R.F.M. van den Brink	M.Rutgersweg 73	2331 NV Leiden
J.W. Dijkstra	van Boisotring 57	2722 AB Zoetermeer
ir. M.H.L.Kouwenhoven	Wilhelminalaan 198	2625 KK Delft
dr. ir. G.J.M. Krijnen	1700 Route Woodbury Road #	2511 Orlando Florida U.S.A.
dr.ir. H.C. Nauta	dr. P.v. Anrooijstraat 27	2631 AS Nootdorp
ir. R. Otte	C. Busken Huetstraat 16A	2802 XD Gouda
ir. Th.J. Sprenger	Dolomietenlaan 3	5691 JP Son

Nieuwe leden:

ir. J.J.A. Klaasen	Irislaan 169	2343 CK Oegstgeest
ir. H.B. Meeuwissen	Joh. v.d. Waalsweg 96-BB/1	5612 JD Eindhoven

Nieuwe adressen van leden:

dr.ir. H.A.P. Blom	Wennepad 56	1066 HX Amsterdam
prof.dr.ir. R.T. Boute	Jan van Aelbroecklaan 113	B 9050 Gentbrugge Belgie
ir. E.J. Breeuwer	van Speijkstraat 1B	2315 TR Leiden
ir. J.C. Buisman	't Wuiver 32	1829 CJ Oudorp NH
ir. A. Bullee	Keesomstraat 481	2041 XT Zandvoort
ir. J.J. Burger	Aert van Neslaan 205	2341 HK Oegstgeest
ir. R.F.M. de Charro	Riouwstraat 29	2585 GR Den Haag
ir. J.H.P. Diederen	Artemislaan 16	4625 CS Bergen op Zoom
ir. J.T.A. Neessen	Kees van Dongenstraat 2	3443 HX Woerden
ir. G.J.H. van Oort	Kamillegaarde 3	2803 RP Gouda
ir. K. van Rijn	F. Huyckburg 12	2907 HE Capelle a/d IJssel
ir. S.G.D. Sikkema	Heemskerkstraat 17	2518 EH Den Haag
ir. J.W. Verhoof	Vuurlaan 33	2408 AN Alphen a/d Rijn
Mevr. ir. J.C. Vonk	Oude Trambaan 133	2265 DA Leidschendam
ir. F.R. Wunderlich	Oude Watering 101	3077 XN Rotterdam

The TELECOM 95 FORUM revamped to reflect today's world of telecommunications

The TELECOM 95 FORUM, to be held in Geneva in conjunction with the TELECOM 95 exhibition from 3 to 11 October 1995 has been drastically re-thought in light of the changes in the policy, economic, regulatory, financial, development and investment aspects of telecommunications that are now intimately entwined with technology. Innovative in concept, form and substance, the FORUM will consist of two summits, one on strategies and one on technology.

TELECOM 95 will be in the series of World TELECOM Exhibition and Forum events, organized by the International Telecommunication Union (ITU) every four years in Geneva, earning the title *Telecommunications Olympics*. TELECOM 91 attracted over 132,000 exhibition attendees, 850 exhibitors, 1 790 press representatives and 3630 conference delegates from 142 countries.

Held under the theme "Connect!", the FORUM will include major innovations reflecting the new communications industry which is emerging. Computers, networking and software are already key components of telecommunications and now new important players are competing for position in the broadcast, entertainment and consumer electronics industries.

The Forum aims to open up a true dialogue with all relevant companies and organizations affected by the current information technology revolution. "By establishing a truly open door policy, the FORUM is a unique opportunity to bring all these interest groups together"' says Pekka Tarjanne, Secretary-General of the ITU, "It will allow the telecommunications industry to explain what it has to offer, and the users' community to articulate its requirements" thus concretely following up decisions expected to be taken at the World Telecommunication Development Conference next month.

Held under the theme *Breaking down barriers towards a global information society,* the Strategies Summit will provide the arena for a multidisciplinary debate addressing the needs of ITU constituency as wll as the new and convergent nature of the evolving telecommunication environment. The topics will cover the following broad issues:
. Global markets, regional realities: characterizing the challenge
. Evolving structures: public needs, institutional responsibilities, managing change
. Resourcing for growth: capital formation, human resources
. Telecom futures, telecom risks
. Global challenge; strategies in transition and new agenda for international cooperation

Speakers will be invited by the Secretary-General on the basis of a pre-selection made by a steering committee.

For the first time, the Technology Summit will provide an interactive arena for users, traditional telecommunications companies, computer and consumer electronics giants, broadcast and cable television interests, and entertainment and software companies. Speakers will be selected on the basis of papers submitted following the Call for Papers issued on 24 January last.

CALL FOR PAPERS - TECHNOLOGY SUMMIT, FORUM 95

TELECOM wordt ook wel beschouwd als de "Olympics of Communications", die elke vier jaar door de ITU wordt georganiseerd en de grootste van zijn soort is in de wereld.

TELECOM 95 vindt plaats in Genève in Zwitserland van 3 tot 11 oktober 1995, en omvat een tentoonstelling, een boekenmarkt, en FORUM 95, dat dit maal uit twee conferenties bestaat: Strategies Summit en Technology Summit. De technische conferentie biedt voor de eerste maal een interessant programma voor gebruikers, traditionele telecommunicatie bedrijven, grote bedrijven op het gebied van computers en consumer electronics, omroep en kabel-televisie exploitanten, zowel als entertainment en software bedrijven.

De Technology Summit is samengesteld uit "keynote" inleidingen, discussie panels en sessies met technische voordrachten, die een beeld zullen geven van de huidige stand van zaken en nieuwe visies op het gebied van technologie, diensten en toepassingen. Een zeer groot aantal gebruikers, managers, wetenschappers en ingenieurs wordt verwacht.
Het algemene thema van de Technology Summit is "Convergence of technologies, services and applications". De gevraagde technische voordrachten dienen bij voorkeur te zijn gericht op het toepassen van technologie en op het scheppen van toepassingen. De conferentie kent drie subthema's:

1. Communicatie diensten voor het individu, zoals spraak, tekst, data en video communicatie diensten, hetzij thuis, op het werk of onderweg.
2. Communicatie diensten voor het bedrijfsleven, waarbij gedacht wordt aan "higher performance networks, distributed computing" en informatie systemen, die geavanceerde diensten leveren aan bedrijven en professionele gebruikers, en die ook steeds meer toegespitst zijn op specifieke marktsectoren. Bijdragen worden ook verwacht over ervaringen in de nieuwe "telebusiness" en over nieuwe ontwikkelingen in basistechnologieën zoals netwerk management, intelligentie in netwerken, "interoperability", breedband, enz.
3. Nationale, regionale en mondiale aangelegenheden van algemeen telecommunicatie belang zoals economische en regelgeving aspecten en hun relaties met nieuwe en convergerende technologieën, zowel als milieu en culturele toepassingen.

Uittreksels van technische voordrachten, de zgn. "abstracts" dienen uiterlijk 15 augustus 1994 door het TELECOM 95 Forum Secretariaat te zijn ontvangen. Zij, die van plan zijn een "abstract" in te dienen, worden verzocht contact op te nemen met dit secretariaat:

TELECOM 95 Forum Secretariat
International Telecommunication Union
Place des Nations, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Tel: +41 22 730 5680 Fax: +41 22 730 6444
e-mail: X400: s=telecominf;a=arcom;P=itu;c=ch
Internet: telecominf@itu.ch

ir. J. van Egmond
TC-lid namens NERG en KIvI
Philips Communication Systems
Postbus 80020
5600 JM EINDHOVEN
tel: 040-757417
fax: 040-757492

Cursus-aankondigingen

PATO
-Marktgestuurde productontwikkeling,
21 en 28 april in Delft
-Productmodellering en product data management,
20,21 en 22 april in Delft
-Van technicus naar leidinggevend manager,
26, 27 april en 3 mei in Oisterwijk
-Projectmanagement,
17,18 en 19 mei in Oisterwijk
-Industriele marketing voor technici,
1,2 en 3 juni in Oisterwijk
-Digitale video,
9,10,14 en 15 juni in Delft
Contactadres: Stichting PATO, Prinsessegracht 23, Postbus 30424,
2500 GK Den Haag. Tel:070-3562722/Fax:070-3562722

OPTEL BV
-Cursus: OPTICA EN LASERS'94,
2 t/m 6 mei in Ubbergen
Contactadres: OPTEL BV, afdeling Opleidingen, Oranjesingel 21,
6511 NM Nijmegen. Tel:080-221558/Fax:080-232855

SITEL (SOCIETE BELGE DES INGENIEURS DES TELECOMMUNICATIONS ET D'ELECTRONIQUE)
-De nieuwe Radiomobiele diensten voor private en professionele gebruikers,
29 april in Brussel
-De reglementaire en juridische aspecten van de telecommunicatie: deregulering, concurrentie, privatisering,
27 mei .
Voor inlichtingen: tel. (02) 384 40 94 / fax (02) 384 26 59

KONINKLIJKE BELGISCHE VERENIGING DER ELEKTROTECHNICI
Kathodische bescherming,
10 mei in Brussel
Inlichtingen: SRBE/KBVE, Pleinlaan 2, 1050 Bruxelles
Tel: (02) 641 28 19. Fax: (02) 641 36 20

CEI-EUROPE
Advanced Technology Short Courses on Cicuit Design and Signal Processing in Communications:
-High-Frequency Analog Cicuit Design for Communication Systems;
6-10 juni, U.K.
-Fundamentals of Speech Recognition;
6-9 jun, U.K.
-Error Correcting Codes and Trellis-Coded Modulation;
6-9 juni U.K.
-RF/MW Cicuit Design;
6-10 juni, U.K.
-Active and Passive RF Components;
8-14 juni, U.K.
-Spread Spectrum/CDMA;
2-5 mei, Zweden

Contactadres:Mrs. Tina Persson, marketing manager, CEI_Europe, PO Box 910, S-612 25 FINSPONG, Sweden. Phone +46-122-17570/Fax +46-122-14347.

Tijdschrift van het NederlandsElektronica- en Radiogenootschap

deel 59-nr.1-1994

Inhoud

Druk en DTP: Drukkerij Van Ek, Driebergen.